



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 43 08 398 A 1

⑤1 Int. Cl.⁵: 178
G 10 K 11/16 F

②1 Aktenzeichen: P 43 08 398.6
②2 Anmeldetag: 17. 3. 93
④3 Offenlegungstag: 23. 9. 93

DE 43 08 398 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1

17.03.92 JP 60202/92 24.03.92 JP 66338/92
03.04.92 JP 82325/92 03.04.92 JP 82326/92

⑦1 Anmelder:

Fuji Jukogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP; Pioneer
Electronic Corp., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:

Reichel, W., Dipl.-Ing.; Lippert, H., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 60322 Frankfurt

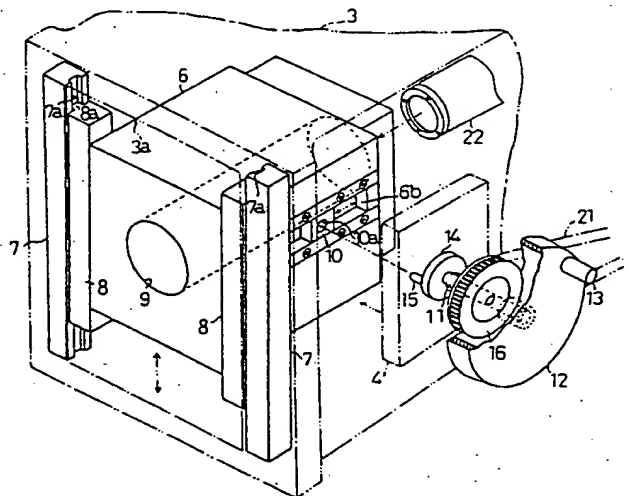
⑦2 Erfinder:

Tamamura, Manpei, Oota, Gunma, JP; Iidaka,
Hiroshi, Koganei, Tokio/Tokyo, JP; Kondo, Kazuyuki,
Oota, Gunma, JP; Yokota, Keitaro, Hoya,
Tokio/Tokyo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Geräuschverminderungssystem für den Fahrgastraum eines Kraftfahrzeugs

⑤7 In einem Geräuschverminderungssystem für den Fahrgastraum eines Kraftfahrzeugs verarbeitet eine Zündsignaltransformierschaltung (2) ein Zündimpulssignal, um daraus ein Vibrationsgeräuschquellensignal mit einem Frequenzspektrum zu gewinnen, das aus Komponenten der 0,5 - nten Ordnung der Motordrehzahl zusammengesetzt ist, wobei n eine ganze Zahl ist. Das Vibrationsgeräuschquellensignal wird als Hauptquellensignal (PSe) einem adaptiven Filter (3) und einer LMS-Rechenschaltung (6) über eine Lautsprecher-Mikrofon-Übertragungscharakteristik-Korrigierschaltung (7) zugeführt. Das Hauptquellensignal (PSe) wird durch das Filter (3) in ein Löschesignal synthetisiert und dann über einen Lautsprecher (4) als Löshton ausgegeben. Der Löshton wird wenigstens von einem Fehlermikrophon bei einer Geräuschempfangsstelle als Fehlersignal empfangen. Das Fehlersignal wird der LMS-Rechenschaltung zugeführt. Die LMS-Rechenschaltung aktualisiert die Filterkoeffizienten des adaptiven Filters (3) auf der Grundlage des Hauptquellensignals und des Fehlersignals in einer solchen Weise, daß das Fehlersignal so klein, wie möglich gemacht wird. Das Geräuschverminderungssystem hat eine hohe Zuverlässigkeit bei einem geringen Kostenaufwand, und es ist leicht zu installieren.



DE 43 08 398 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Geräuschverminderungssystem für den Fahrgastraum eines Kraftfahrzeugs. Die Geräuschverminderung wird dadurch erreicht, daß zwangsläufig ein Ton (Klang, Schallereignis) erzeugt wird, der das Geräusch im Fahrgastraum auslöscht oder annulliert.

Es ist bereits ein Verfahren vorgeschlagen worden, das dazu dient, Geräusche, die hauptsächlich von Motorvibrationen herrühren und auf den Fahrgastraum übertragen werden, dadurch vermindert werden, daß von einer zusätzlichen Tonquelle ein Annullier- oder Löschton erzeugt wird. Die Amplitude des Löschtones ist gleich der Amplitude des Motorgeräusches, jedoch hat der Löschton eine zum Motorgeräusch entgegengesetzte Phase.

Beschrieben ist ein solches Geräuschverminderungssystem in der offengelegten japanischen Patentanmeldung Nr. 3-5255. Bei diesem Geräuschverminderungssystem, das einen Löschton erzeugt, werden numerische Daten, die eine gegenphasige, jedoch mit den Komponenten zweiter Ordnung der Motordrehzahl synchrone Sinusgrundschwingung darstellen, vorab gespeichert und die Phase und Amplitude der Sinusgrundschwingung wird korrigiert auf der Grundlage der Motordrehzahl, die von einem Kurbelwinkelsensor erfaßt wird, und auf der Grundlage der Motorbelastung, die von einem Drucksensor erfaßt wird, ohne daß dabei Motorvibrationen von irgendeinem Motorvibrationssensor direkt erfaßt werden.

Bei diesem Geräuschverminderungssystem muß eine große Anzahl von Daten gespeichert werden, um verschiedene Geräuschschwingungsformen zu vermindern, die bei verschiedenen Motorbetriebsbedingungen erzeugt werden. Deshalb ist es schwierig, das Motorvibrationsgeräusch bei verschiedenen Motorbetriebsbedingungen stabil zu vermindern. Da das vom Motor erzeugte Geräusch in Abhängigkeit von den Übertragungsscharakteristiken der jeweiligen Fahrzeugaufbauten unterschiedlich ist, muß man die oben erwähnten Daten individuell für die jeweiligen Kraftfahrzeuge speichern.

Kürzlich wurde ein Geräuschverminderungssystem in der Praxis in Benutzung genommen, bei dem ein LMS-Algorithmus (LMS = least means square = kleinster quadratischer Mittelwert) auf der Grundlage einer Theorie verwendet wurde, daß ein mittlerer quadratischer Fehler angenähert werden kann durch einen momentanen quadratischen Fehler aufgrund des Umstandes, daß die Filterkorrekturgleichungen rekursive Gleichungen sind, und zwar mit dem Ziel, die Rechengleichungen zum Erhalten optimaler Filterkoeffizienten zu vereinfachen. Ferner wurde ein Geräuschverminderungssystem in Benutzung genommen, das von einem MEFX-Algorithmus (MEFX = Multiple Error Filtered X = Mehrfachfehlerfilterung) verwendet wird, den man dadurch erhält, daß der LMS-Algorithmus auf eine Mehrfachkanalanordnung ausgedehnt wird. Bei dem Fahrgastraum-Geräuschverminderungssystem, das auf dem LMS-Algorithmus beruht, wird zum Vermindern von Fahrgastraumgeräuschen, die hauptsächlich durch Motorvibration hervorgerufen werden, unter Verwendung eines Vibrationssensors ein Geräuschvibrationsquellensignal erzeugt, das eine hohe Korrelation mit der Motorvibration hat und deshalb das Hauptquellensignal darstellt. Ein Löschtonsignal zum Vermindern des Geräusches wird auf der Grundlage des Hauptquellensignals durch ein adaptives Filter synthetisiert. Das synthetisierte Signal wird von einem Lautsprecher wiedergegeben. Der Rauschverminderungszustand bei einer Rauschempfangsstelle wird von einem Fehlermikrophon erfaßt, um ein Fehlersignal zu gewinnen, und die Filterkoeffizienten des adaptiven Filters werden gemäß einem LMS-Algorithmus auf der Grundlage des Fehlersignals und des Hauptquellensignals aktualisiert, und zwar mit dem Ziel, daß das Geräusch bei der Geräuschempfangsstelle so klein wie möglich wird.

Bei dem oben beschriebenen Geräuschverminderungssystem, das von dem LMS-Algorithmus Gebrauch macht, ist es möglich, das Geräusch unter verschiedenen Betriebsbedingungen stabil zu vermindern, ohne daß eine große Anzahl von Daten gespeichert werden muß. Darüber hinaus können verschiedenartige Motorgeräusche, die sich aufgrund unterschiedlicher Fahrzeugaufbauten voneinander unterscheiden, wirksam vermindert werden.

Bei diesem Geräuschverminderungssystem wird jedoch zusätzlich ein Motorvibrationssensor benötigt, um ein Signal zu erfassen, das in hoher Korrelation mit der Motorvibration ist. Um somit das Hauptquellensignal zu gewinnen, muß der Vibrationssensor von hoher Präzision und Zuverlässigkeit sein, was mit der Schwierigkeit verbunden ist, daß das Geräuschverminderungssystem einen hohen Kostenaufwand bedingt. Ferner ist es äußerst schwierig, dieses Geräuschverminderungssystem in einem Kraftfahrzeug neu zu installieren, das bisher ein solches System noch nicht besaß.

Andererseits ist in der offengelegten japanischen Patentanmeldung Nr. 63-3 15 346 eine Technik beschrieben, bei der die Motordrehzahl auf der Grundlage der Abstände oder Zwischenräume des Zündsignals erfaßt wird. Löschöne, die zuvor festgelegt wurden, werden für jede Motordrehzahl wiedergewonnen. Der wiedergewonnene Löschton wird an einen Lautsprecher ausgegeben. Andererseits wird ein Baßton innerhalb des Fahrgastraumes von einem Mikrophon erfaßt, das bei einer Geräuschempfangsstelle angeordnet ist. Der momentane Baßton wird mit dem vorangegangenen Baßton verglichen. Wenn der momentane Baßton niedriger (oder höher) im Eingangspegel ist, wird der momentane Löschton in der Phase vorgeschoben (oder verzögert) oder mit einem hohen (oder niedrigen) Verstärkungsfaktor verstärkt, bevor er über den Lautsprecher ausgegeben wird, so daß der von dem Mikrophon erfaßte Baßton minimiert wird.

Da jedoch während der Fahrt des Kraftfahrzeugs die Motordrehzahl schwankt und sich insbesondere bei einem transienten Motorbetrieb stark ändert, ist bei dieser Technik, selbst wenn für jeden Motordrehzahlbereich ein geeigneter Löschton ausgegeben wird, die Ausgangsschwingungsform des Löschtonsignals nicht kontinuierlich, so daß das Auftreten abnormaler Geräusche unabänderlich ist, es sei denn, daß der Löschton rechtzeitig und weich auftritt.

Zur Überwindung dieser Schwierigkeit ist in der offengelegten japanischen Patentanmeldung Nr. 3-90 448 ein Verfahren beschrieben, das das Auftreten abnormaler Töne verhindern soll, und zwar dadurch, daß eine Wartezeit vorgesehen ist, während der der Löschton nicht ausgegeben wird, so daß sich der Löschton vor und nach

Schwankungen der Motordrehzahl glatt anschließen kann.

Bei dieser Art der Tiefton- oder Baßverminderungstechnik wird jedoch, wenn das Fahrzeug gestartet wird, ein vom Motor hervorgerufener Baßton direkt in den Fahrgastraum des Fahrzeugs übertragen, da während eines transienten Motorbetriebs der Baßton nicht mit Sicherheit vermindert wird. Darüber hinaus tritt, wenn das Kraftfahrzeug eine konstante Fahrzeuggeschwindigkeit annimmt, ein Problem dahingehend auf, daß der Baßton, weil er durch den vom Lautsprecher erzeugten Löschton ausgelöscht werden soll, gemäß den Fahrzeugbetriebsbedingungen vermindert oder erhöht wird, so daß sich der Fahrgast nicht wohlfühlt.

Um mit einem Fahrgastraum-Geräuschverminderungssystem, das den LMS-Algorithmus verwendet, eine effektive Geräuschverminderung durchzuführen, ist es notwendig, die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken C_{mn} in Abhängigkeit vom Einfluß von Fahrgastsitz-Besetzt-Bedingungen, Raumtemperatur, Raumfeuchtigkeit, die Änderung dieser Größen in Abhängigkeit von der Zeit genau zu bestimmen. Bei dem herkömmlichen Verfahren ist daher der Fahrgast genötigt, vorab die Übertragungscharakteristiken C_{mn} festzulegen oder zu bestimmen, und zwar dadurch, daß nach der Platzeinnahme durch einen Fahrgast das System identifiziert wird, bevor das Geräuschverminderungssystem aktiviert wird.

Ein solcher Vorgang ist jedoch mühsam. Darüber hinaus wird bei der Ausführung der Systemidentifikation ein Zufallsgeräusch oder statistisches Rauschen erzeugt, das für den Fahrgast unangenehm ist.

Zur Überwindung dieser Schwierigkeit könnte man in Betracht ziehen, aufgrund experimenteller Ergebnisse fest Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken festzulegen und auf diese Weise die mühsame Arbeit zu umgehen und das für die Fahrgäste unangenehme Gefühl zu vermeiden. Es tritt dann allerdings das Problem auf, daß die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken aufgrund von Veränderungen verschiedener Umgebungsbedingungen mit der Zeit und aufgrund der Anordnung von Gegenständen, wie Kissen, Zubehör, Kindersitze usw., von den tatsächlichen Übertragungscharakteristiken abweichen. Selbst wenn daher die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken unter bestimmten Fahrgastraumbedingungen einmal festgelegt sind, tritt das Problem auf, daß es unmöglich ist, die Fähigkeit des Geräuschverminderungssystems mit dem LMS-Algorithmus vollständig zur Wirkung zu bringen, da sich die Übertragungscharakteristiken in einem hohen Maße von anderen Bedingungen ändern und daher von den tatsächlich eingestellten Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken abweichen.

Unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Schwierigkeiten ist es ein Hauptziel der Erfindung, ein Fahrgastraum-Geräuschverminderungssystem zu schaffen, das in der Lage ist, ein Hauptquellensignal mit hoher Korrelation zu dem Motorvibrationsgeräusch zu erzeugen, und das eine hohe Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Stabilität hat, ferner einen geringen Kostenaufwand verursacht und leicht an einem Fahrzeugaufbau oder Fahrzeugchassis anbringbar ist, ohne daß irgendwelche zusätzlichen Vibrationssensoren verwendet werden müssen.

Ferner soll das zu schaffende Fahrgastraum-Geräuschverminderungssystem in der Lage sein, unabhängig von transienten Fahrbedingungen des Kraftfahrzeugs die von ihm gewünschte Funktion zu erfüllen, ohne daß es erforderlich ist, die Anzahl der für den Systemaufbau erforderlichen Teile zu erhöhen (erstes weiteres Ziel).

Ferner soll es bei dem zu schaffenden Geräuschverminderungssystem möglich sein, die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken in Abhängigkeit von unterschiedlichen Fahrzeugbedingungen genau zu bestimmen, ohne daß dazu eine komplizierte Einstellarbeit notwendig ist und ohne daß dabei für den Fahrer oder den Fahrgast unangenehme Testgeräusche erzeugt werden (zweites weiteres Ziel).

Schließlich soll das zu schaffende Geräuschverminderungssystem auch die Möglichkeit eröffnen, daß gemäß dem Wunsche des Fahrers oder Fahrgastes ein angenehmer Motorklang oder Motorsound gehört werden kann, so daß der Fahrer oder Fahrgast ein angenehmes Fahrgefühl haben. Es soll somit die Möglichkeit geschaffen werden, daß nicht alle Geräuschfrequenzkomponenten vermindert werden (drittes weiteres Ziel).

Zum Erreichen des Hauptziels der Erfindung ist für ein Kraftfahrzeug ein Fahrgastraum-Geräuschverminderungssystem vorgesehen, das sich auszeichnet durch: eine Erfassungseinrichtung zum Erfassen von Motorbetriebsbedingungen und zum Ausgeben eines Motorbetriebssignals, eine auf das erfaßte Motorbetriebssignal ansprechende Transformierungseinrichtung zum Umformen oder Transformieren des Motorbetriebssignals in ein Vibrationsgeräuschquellensignal mit einem Frequenzspektrum, das aus Komponenten vorbestimmter Ordnung der Motorbetriebsbedingungen zusammengesetzt ist, und zum Ausgeben des transformierten Vibrationsgeräuschquellensignals, eine auf das ausgegebene Vibrationsgeräuschquellensignal ansprechende Zusammensetzung- oder Synthetisierereinrichtung zum Synthetisieren des transformierten Vibrationsgeräuschquellensignals in ein Löschsignal auf der Grundlage von Filterkoeffizienten eines adaptiven Filters und zum Ausgeben des synthetisierten Löschsignals, eine auf das synthetisierte Löschsignal ansprechende Tonerzeugungseinrichtung zum Erzeugen eines Löschtons zum Auslösen des Vibrationsgeräuschtones innerhalb des Kraftfahrzeugfahrgastraumes, eine Empfangseinrichtung zum Empfangen eines Geräuschtones als ein Fehlersignal bei einer Geräuschempfangsstelle, und eine auf das empfangene Fehlersignal und das transformierte Vibrationsgeräuschquellensignal ansprechende Aktualisierungseinrichtung zum Aktualisieren der Filterkoeffizienten des adaptiven Filters auf der Grundlage sowohl des erfaßten Motorbetriebssignals als auch des empfangenen Fehlersignals.

Die Einrichtung zum Erfassen der Motorbetriebsbedingung oder des Motorbetriebszustands ist vorzugsweise eine Einrichtung zum Erfassen der Motordrehzahl. Die Transformierungseinrichtung ist vorzugsweise eine Einrichtung zum Erzeugen des Vibrationsgeräuschquellensignals mit einem Frequenzspektrum, das sich aus Komponenten der 0,5-ten Ordnung der Motordrehzahl zusammensetzt, wobei n eine ganze Zahl ist. Die Synthetisierereinrichtung ist vorzugsweise ein adaptives FIR-Filter mit aktualisierbaren Filterkoeffizienten, wobei unter FIR (finite impulse response) ein begrenztes Ansprechen auf einen Impuls zu verstehen ist. Die Tonerzeugungseinrichtung enthält vorzugsweise wenigstens einen Lautsprecher. Die Empfangseinrichtung enthält vorzugsweise wenigstens ein Mikrophon. Die Aktualisierungseinrichtung ist vorzugsweise eine nach der Methode der kleinsten Quadrate arbeitende Recheneinrichtung zum Berechnen eines momentanen Quadrats der Diffe-

renz zwischen dem Vibrationsgeräuschquellensignal und dem empfangenen Fehlersignal. Diese Recheneinrichtung oder Rechenschaltung wird auch LMS-Rechenschaltung (LMS = least means square) genannt. Die Filterkoeffizienten des adaptiven Filters werden auf der Grundlage des berechneten momentanen Quadrats der Differenz zwischen den beiden in Betracht gezogenen Signalen so berechnet, daß der Fehlersignalwert so klein wie möglich wird.

Zum Erreichen des nach dem Hauptziel genannten ersten weiteren Ziels enthält die Motorbetriebszustandserfassungseinrichtung vorzugsweise eine Einrichtung zum Erfassen der Motordrehzahl als auch eine Einrichtung zum Erfassen der Motorbelastung. Die Transformiereinrichtung ist eine Eingangssignaltransformierschaltung mit einer Wellenformerschaltung zum Wellenformen der Eingangssignale, nämlich der Motordrehzahl- und Motorbelastungssignale, und mit einer Frequenzkomponenteneliminierungsschaltung zum Eliminieren von Frequenzkomponenten höherer Ordnung aus dem Motordrehzahlsignal, um das Vibrationsgeräuschquellensignal mit einem Frequenzspektrum zu erhalten, das sich zusammensetzt aus Komponenten der 0,5-nten Ordnung der Drehzahl, und mit einer Amplitude, die sich in Abhängigkeit von der Größe der Motorbelastung ändert, wobei n eine ganze Zahl ist.

Zum Erreichen des im Anschluß an das Hauptziel genannten zweiten Ziels enthält die Aktualisierungseinrichtung vorzugsweise eine Einrichtung zum Speichern und Einstellen fahrgastbeeinflußter Charakteristiken, wobei diese Speicher- und Einstelleinrichtung enthält: eine auf das von der Motorbetriebssignalerfassungseinrichtung ausgegebene Motorbetriebssignal ansprechende Nichtbesetzt-Zustand-Einstelleinrichtung zum Einstellen oder Setzen von Nichtbesetzt-Zustand-Übertragungscharakteristiken $C'Omn$ zwischen der Tonerzeugungseinrichtung und der Fehlersignalempfangseinrichtung, wenigstens eine Sitzabfühleinrichtung zum Erfassen des Vorhandenseins oder der Abwesenheit eines Fahrers oder eines Fahrgastes und zum Ausgeben eines Fahrgast-Vorhanden-Signals, eine auf das erfaßte Fahrgast-Vorhanden-Signal ansprechende Diskriminiereinrichtung zum Diskriminieren bzw. zum Unterscheiden von Fahrgastsitz-Besetzt-Zuständen, eine Speichereinrichtung zum vorherigen Speichern verschiedener fahrgastbeeinflußter Übertragungscharakteristiken $Cxmn$ in Abhängigkeit von den verschiedenen Fahrgastsitz-Besetzt-Zuständen, eine auf die Speichereinrichtung ansprechende Besetzt-Zustand-Einstelleinrichtung zum Einstellen oder Setzen von fahrgastbeeinflußten Übertragungscharakteristiken $CXmn$ zwischen der Tonerzeugungseinrichtung und der Fehlersignalempfangseinrichtung, welche Übertragungscharakteristiken in der Speichereinrichtung in Abhängigkeit von den diskriminierten Fahrgastsitz-Besetzt-Zuständen gespeichert sind, und eine auf die Nichtbesetzt-Zustand-Einstelleinrichtung und die Besetzt-Zustand-Einstelleinrichtung ansprechende Schätzeinrichtung zum Schätzen der momentanen oder gegenwärtigen Übertragungscharakteristiken CMN zwischen der Tonerzeugungseinrichtung und der Fehlersignalempfangseinrichtung auf der Grundlage sowohl der Nichtbesetzt-Zustand-Übertragungscharakteristiken $C'Omn$ als auch der eingestellten oder gesetzten fahrgastbeeinflußten Übertragungscharakteristiken $CXmn$, wobei das Vibrationsgeräuschquellensignal mit den geschätzten Übertragungscharakteristiken CMN gefaltet ist.

Zum Erreichen des im Anschluß an das Hauptziel genannten dritten Ziels oder vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung transformiert die Transformiereinrichtung das erfaßte Motorbetriebssignal in ein Vibrationsgeräuschquellensignal mit einem Frequenzspektrum, das sich aus Komponenten nter Ordnung der Motordrehzahl zusammensetzt, aus dem jedoch spezifische höhere Harmonische selektiv entfernt sind, wobei n eine ganze Zahl ist, um einen Motorvibrationsgeräuschton, der von einem Motor mit einer gegebenen ausgewählten Anzahl S von Motorzylindern erzeugt wird, nicht auszulöschen.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend an Hand von Zeichnungen beschrieben. Es zeigt

Fig. 1 ein Blockschaltbild, das das Konzept eines Geräuschverminderungssystems nach der Erfindung aufzeigt,

Fig. 2 ein schematisches Blockschaltbild, das das Systemarbeitsprinzip eines ersten Ausführungsbeispiels des Fahrgastraum-Geräuschverminderungssystems nach der Erfindung aufzeigt,

Fig. 3 eine Darstellung zur Erläuterung einer Zündsignaltransformationsschaltung des ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung,

Fig. 4 eine Korrelationsdarstellung, die die Beziehung zwischen dem Vibrationsgeräuschsignal und dem Primärquellensignal des ersten Ausführungsbeispiels aufzeigt,

Fig. 5 eine Darstellung zur Erläuterung der Komponierelementanordnung des ersten Ausführungsbeispiels des Geräuschverminderungssystems nach der Erfindung,

Fig. 6 ein schematisches Blockschaltbild zum Aufzeigen des Systemarbeitsprinzips eines zweiten Ausführungsbeispiels des Geräuschverminderungssystems nach der Erfindung,

Fig. 7 eine Darstellung zur Erläuterung einer Eingangssignaltransformationsschaltung des zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung,

Fig. 8 ein schematisches Blockschaltbild zum Aufzeigen des Systemarbeitsprinzips eines dritten Ausführungsbeispiels des Geräuschverminderungssystems nach der Erfindung,

Fig. 9 eine perspektivische Ansicht zum Aufzeigen der Komponierelementanordnung des dritten Ausführungsbeispiels des Geräuschverminderungssystems, wie in Fig. 8 gezeigt, nach der Erfindung,

Fig. 10 eine Konzeptdarstellung zum Aufzeigen der Anfangseinstellung (vor dem Versand) der Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungskenneigenschaften im unbesetzten Zustand bei dem in Fig. 8 gezeigten dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 11 eine Konzeptdarstellung zum Aufzeigen der Anfangseinstellung (vor dem Versand) der fahrgastbeeinflußten Kenneigenschaften des in Fig. 8 dargestellten dritten Ausführungsbeispiels der Erfindung,

Fig. 12 eine Konzeptdarstellung der Einstellung vor Benutzung (nach dem Versand) der Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungskenneigenschaften im leeren oder unbesetzten Zustand bei dem in Fig. 8 dargestellten dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 13 und 14 Darstellungen zur Erläuterung der Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungseigenschaften im unbesetzten Zustand und der fahrgastbeeinflussten Übertragungskennigenschaften bei dem in Fig. 8 dargestellten dritten Ausführungsbeispiel,

Fig. 15 Konzeptdarstellung zum Aufzeigen der Einstellung der Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungseigenschaften des ersten Ausführungsbeispiels zum Vergleich,

Fig. 16 ein schematisches Blockschaltbild des Systemarbeitsprinzips eines vierten Ausführungsbeispiels des Geräuschverminderungssystems nach der Erfindung,

Fig. 17 ein Blockschaltbild zum Aufzeigen der Signaltransformationsschaltung des vierten Ausführungsbeispiels der Erfindung,

Fig. 18 eine Darstellung zur Erläuterung der Ausgangssignale der Signaltransformationsschaltung des vierten Ausführungsbeispiels der Erfindung, und

Fig. 19 und 20 Darstellungen zur Erläuterung des Prinzips der Signaltransformationsschaltung des vierten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

Die bevorzugten Ausführungsbeispiele des Fahrgastraum-Geräuschverminderungssystems nach der Erfindung werden nachstehend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein konzeptionelles Blockschaltbild zur Erläuterung des Konzepts der Ausführungsbeispiele des nach der Erfindung ausgebildeten Geräuschverminderungssystems. In Fig. 1 wird ein Motorsignal eines Kraftfahrzeugs in eine Motorsignaltransformationseinrichtung M1 eingegeben. Der Ausgang der Transformationseinrichtung M1 wird an eine Löschsinalsynthetisierereinrichtung M2 gelegt. Der Ausgang der Löschsinalsynthetisierereinrichtung M2 gelangt dann zu einer Löschklang- oder Löschtonerzeugungseinrichtung M3 zum Erzeugen des Löschklangs oder Löschtons. Klang oder Ton ist hier allgemein im Sinne von Schall (sound) aufzufassen. Der Geräushton innerhalb des Fahrgastraums wird von einer Fehlersignalempfangseinrichtung M4 empfangen. Andererseits werden der Ausgang der Motorsignaltransformationseinrichtung M1 und der Ausgang der Fehlersignalempfangseinrichtung M4 zu einer Löschsinalaktualisierereinrichtung M5 übertragen. Ein Aktualisierungssignal der Aktualisierungseinrichtung M5 wird zur Löschsinalsynthetisierereinrichtung M2 übertragen, um das Löschsinal zu aktualisieren.

Fig. 2 ist ein mehr an der Praxis orientiertes Blockschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung. Dieses Blockschaltbild zeigt ein Fahrgastraum-Geräuschverminderungssystem NR zum Vermindern von Vibrationsgeräuschen, die von einem 4-Zylinder-4-Takt-Motor 1 erzeugt und zu einem Fahrgastraum übertragen werden. Das Geräuschverminderungssystem NR enthält eine Zündsignaltransformationsschaltung 2 (dies ist die Motorsignaltransformationseinrichtung M1), ein adaptives Filter 3 (dies ist die Löschsinalsynthetisierereinrichtung M2), einen Verstärker 4a und einen Lautsprecher 4 (diese sind die Löschtonerzeugungseinrichtung M3), ein Fehlermikrophon 5 (dies ist die Fehlersignalempfangseinrichtung M4), eine LMS-Rechenschaltung 6 (dies ist die Löschsinalaktualisierereinrichtung M5), wobei LMS (least means square) kleinstes quadratisches Mittel (Methode der kleinsten Quadrate) bedeutet, eine Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Korrekturschaltung 7, verschiedene Filterschaltungen (z. B. Tiefpaßfilterschaltungen), einen A/D-Umsetzer 9 (A/D = Analog/Digital), einen D/A-Umsetzer 10 (D/A = Digital/Analog), usw.

Wie es aus Fig. 3 hervorgeht, besteht die Zündsignaltransformationsschaltung 2 aus einer Wellenformerschaltung 2a und einer Frequenzkomponenteneliminierungsschaltung 2b. Ein einer Zündspule (nicht gezeigt) zuzuführendes Zündimpulssignal Ig wird der Zündsignaltransformationsschaltung 2 zugeführt. Das Zündimpulssignal Ig ist ein Impulssignal, das jeweils für zwei Motorumdrehungen einmal synchron mit der Drehzahl des Motors 1 erzeugt wird. Das Zündimpulssignal Ig wird in der Zündsignaltransformationsschaltung 2 verarbeitet (wellengeformt und dann frequenzkomponenteneliminiert). Das verarbeitete Zündsignal gelangt dann zum adaptiven Filter 3 und zur Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Korrekturschaltung 7 als Vibrationsgeräuschquellensignal PSe (d. h. Hauptgeräuschquellensignal).

Ein beispielhafter Wellenzug des Vibrationsgeräuschquellensignals, das von einem 4-Takt-Motor erzeugt wird, ist in Fig. 4 bei b dargestellt. Der Motor 1 vollendet vier Hübe, nämlich Ansaugen, Komprimieren, Verbrennen und Ausstoßen, während zwei Motorumdrehungen, d. h. 720° CA, wobei CA Kurbelwellenwinkel (crankshaft angle) bedeutet. Folglich entspricht eine Periode des oben erwähnten Geräuschquellensignals zwei Motorumdrehungen. Wie es in Fig. 4 bei d gezeigt ist, hat das Vibrationsgeräuschsignal ein Frequenzspektrum, das sich hauptsächlich zusammensetzt aus einer Teilschwingung oder Komponente halber oder 0,5ter Ordnung bezogen auf die Anzahl der Motorumdrehungen (eine Periode einer Sinusschwingung bei jeweils zwei Umdrehungen des Motors) als Grundschwingung und Teilschwingungen oder Komponenten höherer Ordnung (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; usw.) bezogen auf die Anzahl der Motorumdrehungen als Oberschwingungen oder Harmonische. Mit anderen Worten, der Motorvibrationsgeräushton setzt sich zusammen aus Frequenzkomponenten 0,5-ter der Anzahl der Motorumdrehungen (Umdrehungen/s), wobei n eine ganze Zahl ist. Wenn somit das Zündimpulssignal Ig durch die Zündsignaltransformationsschaltung 2 in der oben beschriebenen Weise verarbeitet wird, ist es möglich, ein Primärquellensignal PSe zu erhalten, wie es in Fig. 3 dargestellt ist, das in einer extrem hohen Korrelation mit dem Vibrationsgeräushton steht, der ausgelöscht werden soll, wie es aus Fig. 4 bei a und c hervorgeht.

Das adaptive Filter 3 ist ein FIR-Filter, das auf einen Impuls begrenzt anspricht (FIR = finite impulse response), mit Filterkoeffizienten $W(n)$, die durch die LMS-Rechenschaltung 6 (wie später noch beschrieben) aktualisierbar sind. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist das adaptive Filter 3 mit 256 Abgriffen versehen. Es ist selbstverständlich möglich, ein Filter mit mehr als 256 Abgriffen zu verwenden, wenn man eine hinreichende Rechengeschwindigkeit und einen annehmbaren Kostenaufwand erreichen kann. Erzielt man andererseits eine hinreichende Genauigkeit, ist es möglich, ein Filter mit weniger als 256 Abgriffen zu verwenden. Das adaptive Filter 3 berechnet die Summe von Faltungsprodukten aus dem von der Zündsignaltransformationsschaltung 2 kommenden Hauptquellensignal und den Filterkoeffizienten. Das adaptive Filter 3 gibt die berechnete Summe

von Faltungsprodukten daraus als Löschesignal zum Löschen oder Annullieren des Vibrationsrauschtons ab.

Das von dem adaptiven Filter 3 ausgegebene Löschesignal wird über den D/A-Umsetzer 10 und den Verstärker 4a einem Innenlautsprecher 4 zugeführt. Der Lautsprecher 4 gibt den Löschtönen zum Löschen des Vibrationsgeräusches bei einer vorbestimmten Geräuschempfangsstelle 8 des Fahrgastraumes ab, bei der das Geräusch vermindert werden soll und die beispielsweise der Kopfposition des Fahrersitzes entspricht. Bei dem in Fig. 5 gezeigten Beispiel ist der oben erwähnte Lautsprecher 4 mit dem in der Rückseite des Fahrgastraumes montierten Audiolautsprecher gemeinsam ausgebildet. Selbstverständlich ist es auch möglich, den Geräuschverminderungslautsprecher in einer anderen Weise vorzusehen.

Ein Fehlermikrophon 5 ist nahe bei der oben genannten Geräuschempfangsstelle 8 angeordnet, das Fehlermikrophon 5 erfaßt die Interferenzergebnisse zwischen dem Vibrationsgeräushton und dem Löschtönen. Die erfaßten Interferenzergebnisse werden der LMS-Rechenschaltung 6 als Fehlersignal zugeführt. Die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken CMN sind zuvor bestimmt und in die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Korrekturschaltung 7 eingegeben worden. Das von der Zündsignaltransformationsschaltung 2 gelieferte Hauptquellensignal PSe wird daher dadurch korrigiert, daß das Hauptquellensignal PSe mit den Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken CMN multipliziert wird. Das so korrigierte Signal wird in die LMS-Rechenschaltung 6 eingegeben. Die LMS-Rechenschaltung 6 berechnet ein momentanes Quadrat der Differenz zwischen dem vom Fehlermikrophon 5 empfangenen Fehlersignal und dem oben genannten korrigierten Primär- oder Hauptquellensignal. Ferner aktualisiert die LMS-Rechenschaltung 6 die Filterkoeffizienten $W(n)$ des adaptiven Filters 3, so daß das vom Fehlermikrophon 5 empfangene Fehlersignal so klein wie möglich gemacht werden kann.

In der Fig. 2 bezeichnet das Symbol C die Übertragungscharakteristiken auf der Grundlage, auf der der Motorvibrationsgeräushton vom Motor 1 zur Geräuschempfangsstelle 8 voranschreitet.

Die Zündsignaltransformationsschaltung 2, das adaptive Filter 3, die LMS-Rechenschaltung 6, die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungs-Korrekturschaltung 7, der A/D-Umsetzer 5a, der D/A-Umsetzer 10, usw. sind alle zusammengefaßt und als Fahrgastraum-Geräuschverminderungssystem-Steereinheit 9 beispielsweise im hinteren Teil des Fahrzeugaufbaus untergebracht, wie es in Fig. 5 dargestellt ist.

Die Arbeitsweise des so ausgebildeten Geräuschverminderungssystems wird nachstehend beschrieben.

Der Motorvibrationsgeräushton wird vom Motor 1 über eine Motorhalterung (nicht gezeigt) in den Fahrgastraum übertragen, und zwar als ein im Fahrgastraum auftretender Innengeräushton. Zusätzlich wird während der Motoransaug- und Motorauspußhuben ein Motorgeräushton erzeugt. Der motorbezogene Geräushton hat ein Frequenzspektrum, das sich hauptsächlich zusammensetzt aus Teilschwingungen oder Komponenten der 0,5-ten Ordnung (n ist ganzzahlig) der Anzahl der Motorumdrehungen, wie es in Fig. 4 bei b gezeigt ist. Der mit den Fahrzeugaufbauübertragungscharakteristiken C multiplizierte Geräushton wird zu der Geräuschempfangsstelle 8 übertragen.

Das der Zündspule (nicht gezeigt) des Motors 1 zuzuführende Zündimpulssignal ist ein Impulssignal, das einmal für jeweils zwei Motorumdrehungen synchron mit den Motorumdrehungen erzeugt wird. Das Zündsignal I_g wird wellenformt und frequenzkomponenteneliminiert, um ein Signal mit Frequenzkomponenten der 0,5-ten Ordnung (n ist ganzzahlig) der Anzahl der Motorumdrehungen zu erhalten, und zwar als Vibrationsgeräuschquellensignal (Primär- oder Hauptquellensignal) PSe. Das erhaltene Hauptquellensignal PSe wird ausgegeben an das adaptive Filter 3 und die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungs-Korrekturschaltung 7.

Das Hauptquellensignal PSe, das von der Zündsignaltransformationsschaltung 2 dem adaptiven Filter 3 zugeführt wird, wird einem Rechenvorgang unterzogen, um die Summe von Faltungsprodukten des Hauptquellensignals PSe und der Filterkoeffizienten $W(n)$ zu erhalten. Die auf diese Weise berechnete Summe von Faltungsprodukten wird dann über den D/A-Umsetzer 10 und den Verstärker 4a zum Innenlautsprecher 4 übertragen, und zwar als das Löschesignal zum Löschen des Vibrationsgeräushtones. Mit anderen Worten, ein Löschtönen zum Löschen des Vibrationsgeräushtones bei der Geräuschempfangsstelle 8 wird über den Lautsprecher 4 ausgegeben. In diesem Fall ist der vom Lautsprecher 4 erzeugte Löschtönen dadurch korrigiert worden, daß das Hauptquellensignal PSe mit den Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken CMN multipliziert worden ist, bevor es vom Lautsprecher 4 zur Geräuschempfangsstelle 8 ausgegeben wird.

Bei der Geräuschempfangsstelle 8 überlagern sich daher der motorbezogene Vibrationsgeräushton und der Löschtönen, um bei der Geräuschempfangsstelle 8 den Vibrationsgeräushton zu vermindern. Die Interferenz- oder Überlagerungsergebnisse zwischen dem Vibrationsgeräushton und dem Löschtönen werden von dem Fehlermikrophon 5 erfaßt, das nahe bei der Geräuschempfangsstelle 8 angeordnet ist, und die erfaßten Ergebnisse werden der LMS-Rechenschaltung 6 als Abweichungs- oder Fehlersignal zugeführt.

Das von der Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungs-Korrekturschaltung 7 ausgegebene Hauptquellensignal wird mit den zuvor ermittelten Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken CMN multipliziert. Die multiplizierten Ergebnisse werden der LMS-Rechenschaltung 6 zugeführt. Die LMS-Rechenschaltung 6 berechnet ein momentanes Quadrat der Differenz zwischen dem Fehlersignal des Fehlermikrophons 5 und dem von der Korrekturschaltung 7 korrigierten Hauptfehlersignal, und sie führt ferner einen Algorithmus aus, um die Filterkoeffizienten $W(n)$ des adaptiven Filters so zu aktualisieren, daß das Fehlersignal so klein wie möglich gemacht werden kann.

Da, wie es oben beschrieben ist, das Zündimpulssignal, das in einem weiten Umfang zur Steuerung verschiedenartiger Funktionen eines Kraftfahrzeugs verwendet wird, als das Primär- oder Hauptquellensignal benutzt wird, ist es möglich, das Fahrgastraum-Geräuschverminderungssystem in zuverlässiger Weise bei geringen Kosten zu realisieren, ohne daß irgendwelche zusätzliche Motorvibrationsensoren erforderlich sind.

Da der motorbezogene Vibrationsgeräushton verschiedenartige Geräusche enthält, beispielsweise das Luftansauggeräusch, Auspußgeräusch usw., und zwar zusätzlich zum Motorvibrationsgeräusch, ist es möglich, ein wirkungsvolleres Geräuschverminderungssystem im Vergleich zu einem Fall zu realisieren, bei dem die Motor-

vibrationen mit Hilfe von irgendwelchen Vibrationssensoren teilweise erfaßt werden, um das Hauptquellensignal zu gewinnen.

Da das Hauptquellensignal, das in extrem hoher Korrelation mit dem motorbezogenen Vibrationsgeräushton ist, ohne die Hilfe von irgendwelchen zusätzlichen Sensoren, wie beispielsweise einem Vibrationssensor, gewonnen werden kann, ist es möglich, das nach der Erfindung ausgebildete Geräuschverminderungssystem leicht in einem Kraftfahrzeug einzubauen, das bisher noch kein Geräuschverminderungssystem hatte.

Das oben betrachtete Ausführungsbeispiel des Geräuschverminderungssystems ist lediglich unter Bezugnahme auf einen einzigen LMS-Algorithmus für einen Kanal (ein Fehlermikrophon und ein Lautsprecher) beispielhaft beschrieben worden. Es ist selbstverständlich möglich, das oben beschriebene Prinzip des Geräuschverminderungssystems auf einen MEFX-LMS-Algorithmus für mehrere Kanäle (beispielsweise vier Fehlermikrophone und vier Lautsprecher) anzuwenden, und zwar durch eine entsprechende Erweiterung des oben beschriebenen einzigen LMS-Algorithmus, wobei MEFX (multiple error filtered X) als Mehrfachfehlerfilterung angesprochen werden kann. In diesem Fall ist es dann möglich, das Hauptquellensignal mit extrem hoher Korrelation zu dem motorbezogenen Vibrationsgeräushton zu erhalten, und zwar durch Wellenformung und anschließende weitere Verarbeitung des Motorzündsignals.

Ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend an Hand von Fig. 6 und 7 beschrieben. Ein Merkmal dieses zweiten Ausführungsbeispiels ist es, die Amplitude des Hauptquellensignals PSe gemäß dem Betrag der erfaßten Motorbelastung zu variieren, so daß die Fähigkeit zur Geräuschverminderung selbst während einem transienten Motorbetrieb weiter verbessert werden kann.

Nach Fig. 6 ist ein Luftreiniger 13 auf der stromaufwärts gelegenen Seite eines Ansaugkrümmers 11 eines Motors 1 in einem Ansaugrohr 12 vorgesehen. Ein Einlaß- oder Ansaugluftmengensensor 14 ist auf der stromabwärts gelegenen Seite nahe beim Luftreiniger 13 als Motorbelastungserfassungsvorrichtung vorgesehen. Ein Kurbelwinkelerfassungsrotor 15 ist an einer Kurbelwelle 1a des Motors 1 angebracht. Ein Kurbelwinkelsensor 16 beispielsweise nach Art eines elektromagnetischen Abtasters zum Erfassen von am Rotor 15 ausgebildeten Vorsprüngen ist nahe bei der äußeren Umfangsoberfläche des Kurbelwinkelerfassungsrotors 15 vorgesehen, wobei der Rotor allgemein als abzutastender oder zu erfassender Körper anzusehen ist.

Bei dem Geräuschverminderungssystem NR dieses Ausführungsbeispiels werden ein Ansaugluftmengensignal Ia des Ansaugluftmengensensors 14 und ein Kurbelwinkelsignal Cr des Kurbelwinkelsensors 16 beide einer Eingangssignaltransformationsschaltung 2A des Rauschverminderungssystems NR zugeführt.

Wie es aus Fig. 7 hervorgeht, nimmt die Eingangssignaltransformationsschaltung 2A sowohl am Ansaugluftmengensignal Ia, das vom Ansaugluftmengensensor 14 stammt, als auch am Kurbelwinkelsignal Cr, das vom Kurbelwinkelsensor 16 stammt, eine Wellenformung und Verarbeitung vor, um ein Vibrationsgeräuschquellensignal (Primär- oder Hauptquellensignal) synchron mit der Anzahl der Motorumdrehungen auszugeben. Der Frequenzbereich des Hauptquellensignals wird durch ein Frequenzspektrum dargestellt, das sich aus Komponenten der 0,5-nten Ordnung (n ist ganzzahlig) zusammensetzt, und zusätzlich die Amplitude des Hauptquellensignals gemäß der Motorbelastung variiert. Das verarbeitete Hauptquellensignal PSe wird an das adaptive Filter 3 (das ist die Löschsinalsynthesiereinrichtung) und die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Schätzschaltung (CMNO) 7 ausgegeben. Der übrige Aufbau des Systems ist im wesentlichen demjenigen des ersten Ausführungsbeispiels nach Fig. 2 ähnlich.

Beim zweiten Ausführungsbeispiel ist die Abtastfrequenz des vom Fehlermikrophon 5 empfangenen Fehlersignals gleich 3 kHz. Deshalb werden die Filterkoeffizienten W(n) des adaptiven Filters 10 mit einer Frequenz von 3 kHz (3000mal pro Sekunde) aktualisiert. Die Abtastfrequenz ist jedoch nicht auf den genannten Wert von 3 kHz beschränkt.

Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel kann man das Hauptquellensignal, das in extrem hoher Korrelation mit dem zu eliminierenden Vibrationsgeräushton ist, unter Verwendung der Motorbelastungserfassungseinrichtung und der Motordrehzahlerfassungseinrichtung gewinnen, die beide bereits in üblichen Kraftfahrzeugen vorhanden sind. Auf diese Weise ist es möglich, ein Geräuschverminderungssystem zu realisieren, das eine hohe Zuverlässigkeit hat und geringe Kosten verursacht, ohne daß irgendwelche zusätzlichen Vibrationssensoren erforderlich sind.

Da weiterhin das Hauptquellensignal den Umstand oder Faktor der Motorbelastung beinhaltet, kann man die Antwortcharakteristiken der Geräuschverminderung weiter verbessern, und zwar selbst während eines transienten Betriebs des Motors.

Da der motorbezogene Vibrationsgeräushton ferner andere Umstände oder Faktoren beinhaltet, die das Ansaugen, Ausstoßen usw. betreffen, ist es möglich, die Geräuschverminderung im Vergleich zu einem Fall wirksamer zu erzielen, bei dem das Hauptquellensignal lediglich durch Erfassen teilweiser Motorvibrationen unter Verwendung eines Vibrationssensors gewonnen wird.

Da man weiterhin das Hauptquellensignal, das in extrem hoher Korrelation mit dem motorbezogenen Vibrationsgeräushton ist, ohne Verwendung irgendeines Vibrationssensors gewinnen kann, ist es möglich, das Geräuschverminderungssystem sehr leicht und ohne weiteres im Fahrgastraum zu installieren.

Obleich bei diesem Ausführungsbeispiel die Motorbelastungsinformation von einem Ansaugluftmengensensor erfaßt wird, ist es selbstverständlich möglich, die Motorbelastungsinformation von verschiedenen anderen Motorbelastungserfassungseinrichtungen als dem Ansaugluftmengensensor zu erhalten, beispielsweise von einem Drosselklappenöffnungssensor, einem Motoransaughrohrlastsensor usw.

Obleich bei diesem Ausführungsbeispiel die Motordrehzahlinformation vom Kurbelwinkelsensor erfaßt wird, ist es selbstverständlich möglich, die Motordrehzahlinformation von verschiedenen anderen Motordrehzahlerfassungseinrichtungen als dem Kurbelwinkelsensor zu gewinnen, beispielsweise von einem Nockenwinkelsensor, Brennstoffinjektionsimpuls, Zündimpulssignal usw.

Ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird unter Bezugnahme auf Fig. 8 beschrieben. Das Besondere

dieses dritten Ausführungsbeispiels ist eine Bestimmung oder Festlegung der Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken unter Einbeziehung sowohl des unbesetzten als auch des besetzten Zustands, und zwar ohne die Notwendigkeit irgendwelcher komplizierter Einstellarbeiten und ohne die Erzeugung unangenehmer Prüfgeräusche für die Fahrgäste.

Ein in Fig. 8 dargestelltes Fahrgastraum-Geräuschverminderungssystem 20 enthält zwei adaptive Filter 3A und 3B (dies ist die Löschsinalsynthetisierereinrichtung M2), denen ein Vibrationsgeräuschquellensignal (Primär- oder Hauptquellensignal) PSe zugeführt wird, das in hoher Korrelation mit dem motorbezogenen Vibrationsgeräuschton steht, der vom Motor (nicht gezeigt) erzeugt wird. Diese adaptiven Filter 3A und 3B sind mit zwei Lautsprechern 4A und 4B (dies ist die Löschtoneerzeugungseinrichtung M3) verbunden, und zwar über jeweils einen D/A-Umsetzer (nicht gezeigt). Zwei Fehlermikrophone 5A und 5B zum Erfassen von Geräuschverminderungszuständen und zum Erzeugen von Fehlersignalen (diese sind die Fehlersignalempfangseinrichtung M4) sind an jeweils einer von zwei Geräuschempfangsstellen angeordnet. Vier Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Schätzschaltungen 17, 18, 19 und 20 zum Empfangen des Hauptquellensignals PSe und zwei LMS-Rechenschaltungen 6A und 6B (diese bilden die Löschsinalaktualisierungseinrichtung M5) sind ebenfalls vorgesehen. Die LMS-Rechenschaltung 6A erhält Signale von den Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Schätzschaltungen 17 und 18 sowie die Fehlersignale von den Fehlermikrophonen 5A und 5B. Auf der Grundlage dieser Eingangssignale aktualisiert die LMS-Rechenschaltung 6A die Filterkoeffizienten des adaptiven Filters 3A (dies ist die Löschsinalsynthetisierereinrichtung M2). In ähnlicher Weise erhält die LMS-Rechenschaltung 6B Signale von den Lautsprecher-Mikrophonübertragungscharakteristik-Schätzschaltungen 19 und 20 und die Fehlersignale von den Fehlermikrophonen 5A und 5B. Auf der Grundlage dieser Eingangssignale aktualisiert die LMS-Rechenschaltung 6B die Filterkoeffizienten des adaptiven Filters 3B (dies ist die Löschsinalsynthetisierereinrichtung M2). Das Hauptquellensignal PSe ist ein Signal, das man dadurch erhält, daß Signale wie Zündimpulse, Kraftstoffinjektionsimpulse, Kurbelwinkelsensorsignale usw. verarbeitet werden, die die Motordrehzahl und Motorbelastung darstellen, so daß das gewonnene Signal in hoher Korrelation mit dem Motorvibrationsgeräuschton steht.

Die Lautsprecher 4A und 4B sind in den Kraftfahrzeugvordertüren (nicht gezeigt) angeordnet, und die Fehlermikrophone 5A und 5B sind bei den Geräuschempfangsstellen angeordnet, beispielsweise bei Positionen in der Nähe der Ohren von Fahrgästen auf den Vordersitzen 26 und 27, wie es in Fig. 9 dargestellt ist. Die Mikrophone 5A und 5B erfassen die Interferenz- oder Überlagerungsergebnisse zwischen dem Vibrationsgeräuschton und dem Löschtone, und die erfaßten Ergebnisse werden den LMS-Rechenschaltungen 6A und 6B als Fehlersignale zugeführt.

Die LMS-Rechenschaltung 6A berechnet zwei momentane Quadrate der Differenzen (Filterkorrekturrate) zwischen dem Fehlersignal des Fehlermikrophons 5A bzw. 5B und dem Signal der Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Schätzschaltung 17 bzw. 18 und aktualisiert die Filterkoeffizienten des adaptiven Filters 3A in einer solchen Weise, daß die von den Fehlermikrophonen 5A und 5B erfaßten Fehlersignale minimiert werden. In ähnlicher Weise berechnet die LMS-Rechenschaltung 6B zwei momentane Quadrate der Differenzen (Filterkorrekturrate) zwischen den Fehlersignalen der Fehlermikrophone 5A bzw. 5B und den Signalen der Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Schätzschaltungen 19 bzw. 20 und aktualisiert die Filterkoeffizienten des adaptiven Filters 3B in einer solchen Weise, daß die von den Fehlermikrophonen 5A und 5B erfaßten Fehlersignale minimiert werden.

Jede der Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Schätzschaltungen 17, 18, 19 und 20 enthält eine Übertragungscharakteristik-Setzschaltung (C'Omn) 17a, 18a, 19a und 20a für den leeren oder unbesetzten Zustand und Übertragungscharakteristik-Setzschaltungen (C Xmn) 17b, 18b, 19b und 20b für den besetzten Zustand, d. h. für die fahrgastbeeinflusste Übertragungscharakteristik. Eine fahrgastbeeinflusste Charakteristikeinstellschaltung 23 ist mit den C Xmn-Schaltungen 17b, 18b, 19b und 20b verbunden. Hierbei bezeichnet im in den C'Omn-Schaltungen und den CXmn-Schaltungen die Anzahl der Mikrophone 5A und 5B (das Fehlermikrophon 5A ist mit der Nr. 1 und das Fehlermikrophon 5B mit der Nr. 2 bezeichnet), und n in den C'Omn-Schaltungen und den CXmn-Schaltungen bezeichnet die Anzahl der Lautsprecher 4A und 4B (der Lautsprecher 4A trägt die Nr. 1 und der Lautsprecher 4B trägt die Nr. 2). Mit anderen Worten, die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken zwischen dem Lautsprecher 4A und dem Fehlermikrophon 5A werden dargestellt durch C11, die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken zwischen dem Lautsprecher 4A und dem Fehlermikrophon 5B durch C21, die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken zwischen dem Lautsprecher 4B und dem Fehlermikrophon 5A durch C12, und die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken zwischen dem Lautsprecher 4B und dem Fehlermikrophon 5B durch C22. Die oben erwähnten C'Omn-Schaltungen werden somit dargestellt durch eine C'O11-Schaltung 17a, eine C'O21-Schaltung 18a, eine C'O12-Schaltung 19a und eine C'O22-Schaltung 20a. Gleichermaßen werden die jeweiligen CXmn-Schaltungen dargestellt durch eine CX11-Schaltung 17b, eine CX21-Schaltung 18b, eine CX12-Schaltung 19b und eine CX22-Schaltung 20b.

Die fahrgastbeeinflusste Charakteristikeinstellschaltung 23 besteht aus einer Fahrgastsitz-Besetzt-Diskriminierschaltung 23a und einer Speicherschaltung (CX-Speicherschaltung) 23b für eine fahrgastbeeinflusste Übertragungscharakteristik. Die Diskriminierschaltung 23a ist mit zwei Sitzsensoren 24 und 25 verbunden, die feststellen sollen, ob ein Fahrgast Platz genommen hat oder nicht. Die Speicherschaltung 23b speichert zuvor bestimmte fahrgastbeeinflusste Übertragungscharakteristiken CXmn, die man unter Berücksichtigung von verschiedenen Fahrgastsitz-Besetzt-Zustandskombinationen ermittelt hat, und sie setzt die gespeicherten fahrgastbeeinflussten Übertragungscharakteristiken CXmn in die CXmn-Schaltungen 17b, 18b, 19b und 20b in Abhängigkeit von Fahrgast-Vorhanden-Signalen der Fahrgastsitz-Besetzt-Diskriminierschaltung 23a. Die Schaltung 23 zum Speichern und Setzen der fahrgastbeeinflussten Charakteristiken, die C'Omn-Schaltungen 17a, 18a, 19a und 20a sowie die CXmn-Schaltungen 17b, 18b, 19b und 20b bilden in Kombination eine fahrgastbeeinflusste Über-

tragungscharakteristikspeicher- und -setzeinrichtung.

Der Sitzsensor 24 ist im vorderen linken Fahrgastsitz 26 angeordnet, und der Sitzsensor 25 ist im vorderen rechten Fahrgastsitz 27 angeordnet. Jeder dieser Sitzsensoren kann die Anwesenheit oder Abwesenheit eines Fahrgastes dadurch erfassen, daß beispielsweise in Abhängigkeit vom Fahrgastgewicht beim Überschreiten eines bestimmten Wertes ein Schalter ein- oder ausgeschaltet wird. Andererseits ist es auch möglich, einen optischen Sensor, beispielsweise einen Infrarotsensor einzusetzen, und als Gewichtssensor eine Kraftmeßdose für den Sitzsensor 24 bzw. 25 zu verwenden. Wird als Gewichtssensor eine Kraftmeßdose zum Erfassen des Gewichts verwendet, ist eine Feststellung dahingehend möglich, ob der Fahrgast ein Erwachsener oder ein Kind ist, d. h., der Zustand des durch einen Fahrgast besetzten Sitzes kann mit hoher Genauigkeit erfaßt werden. Selbstverständlich kann man sowohl optische Sensoren, wie Infrarotsensoren, als auch Gewichtssensoren, wie Kraftmeßdosen, in Kombination einsetzen, um die Besetzt-Zustände noch genauer zu erfassen. Wenn der Zündschalter eingeschaltet wird, ist damit die Möglichkeit gegeben, den Besetzt-Zustand des Fahrersitzes festzustellen. In einem solchen Fall kann auf dem vorderen Fahrersitz ein Sitzsensor entfallen.

Die Methode des Setzens der Charakteristiken der jeweiligen C'Omnn-Schaltungen 17a, 18a, 19a und 20a sowie der jeweiligen CXmn-Schaltungen 17b, 18b, 19b und 20b wird nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 10 bis 12 eingehender beschrieben.

Wie aus Fig. 10 hervorgeht, wird das System zwischen den Fehlermikrophonen 5A und 5B und dem Lautsprecher 4A in den anfänglichen Nichtbesetzt-Zuständen (beispielsweise vor dem Versand) als ein unbekanntes System 31a mit tatsächlichen Übertragungscharakteristiken Comn1 eingestellt. Ein Zufallsgeräushton RN einschließlich vorbestimmter Frequenzkomponenten wird eingegeben in das unbekannte System 31a und die Übertragungscharakteristik-Setzschaltung (Comn-Setzschaltung) 32 mit aktualisierbaren Übertragungscharakteristiken Comn (CO11, CO21). Der in das unbekannte System 31a eingegebene Zufallsgeräushton RN (Zufallsgeräusch = statistisches Rauschen, Geräuschstörung) wird vom Lautsprecher 4A ausgegeben und dann von den Fehlermikrophonen 5A und 5B im Anschluß an die Beeinflussung durch die tatsächlichen Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken (CO111, CO211) empfangen. Die von den Fehlermikrophonen 5A und 5B erfaßten Signale und das Signal, das von der Comn-Setzschaltung 32 ausgegeben wird, werden einander überlagert und dann der LMS-Schaltung 33 als Fehlersignal zugeführt. Die LMS-Schaltung 33 aktualisiert die Übertragungscharakteristiken Comn der Comn-Setzschaltung 32 in einer solchen Weise, daß das Fehlersignal minimiert wird. Der aktualisierte Wert wird für die anfängliche Nichtbesetzt-Zustand-Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik CO11 bzw. CO21 genommen. In der gleichen Weise wird das System zwischen den Fehlermikrophonen 5A und 5B und dem Lautsprecher 4B als unbekanntes System identifiziert, und es werden die anfänglichen Nichtbesetzt-Zustand-Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken CO12 und CO22 gesetzt oder eingestellt.

Anschließend wird, wie es in Fig. 11 dargestellt ist, das System zwischen den Fehlermikrophonen 5A und 5B und dem Lautsprecher 4A im anfänglichen Besetzt-Zustand (beispielsweise vor dem Versand) als ein unbekanntes System 31b mit tatsächlichen Übertragungscharakteristiken Comn2 gesetzt oder eingestellt. Ein Zufallsgeräushton RN (Zufallsgeräusch = statistisches Rauschen, Rauschstörung) einschließlich vorbestimmter Frequenzkomponenten wird eingegeben in das unbekannte System 31b und die fahrgastbeeinflusste Übertragungscharakteristik-Setzschaltung (CXmn-Setzschaltung) 34, die aktualisierbare fahrgastbeeinflusste Charakteristiken CXmn (CX11, CX21) hat und in Reihe mit der Comn-Setzschaltung 32 geschaltet ist. Der in das unbekannte System 31b eingegebene Zufallsgeräushton RN wird von dem Lautsprecher 4A ausgegeben und dann von den Fehlermikrophonen 5A und 5B empfangen, nachdem er dem Einfluß der tatsächlichen Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken (CO112, CO212) ausgesetzt gewesen ist. Die von den Fehlermikrophonen 5A und 5B erfaßten Signale und das von der CXmn-Setzschaltung 34 ausgegebene Signal werden einander überlagert und dann der LMS-Schaltung 33 als Fehlersignal zugeführt. Die LMS-Schaltung 33 aktualisiert die Übertragungscharakteristiken CXmn der CXmn-Setzschaltung 34 in einer solchen Weise, daß das Fehlersignal minimiert wird. Der aktualisierte Wert wird als anfängliche Besetzt-Zustand-Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik CX11 bzw. CX21 genommen, die fahrgastbeeinflusst ist. In der gleichen Weise wird das System zwischen den Fehlermikrophonen 5A und 5B und dem Lautsprecher 4B als unbekanntes System identifiziert, und die anfänglichen Besetzt-Zustand-Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken CX12 und CX22 werden gesetzt oder eingestellt, die fahrgastbeeinflusst sind. Zusätzlich wird das System, wenn ein anderer Fahrgast als der Fahrer auf einem Vordersitz Platz nimmt, das System in der gleichen Weise identifiziert. D. h., die fahrgastbeeinflussten Charakteristiken CXmn werden gemessen, und die so erhaltenen fahrgastbeeinflussten Charakteristiken CXmn werden in der CX-Speicherschaltung 23b gespeichert. Weiterhin können die Anzahl von Kombinationen der Fahrgastsitz-Besetzt-Zustände mit der Anzahl von Kombinationen der Signale festgelegt werden, die von den Sitzsensoren erfaßt werden.

Fig. 15 ist eine Darstellung, die das Setzen oder Einstellen der Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken CMN bei dem in Fig. 2 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel des Geräuschverminderungssystems im Vergleich zum dritten Ausführungsbeispiel darstellt.

Bei dem oben betrachteten dritten Ausführungsbeispiel wurden bei den fahrgastbeeinflussten Charakteristiken lediglich zwei verschiedene Arten und Weisen in Betracht gezogen, nämlich das Vorhandensein eines Fahrers einerseits und das Vorhandensein eines Fahrers und eines weiteren Fahrgastes auf dem anderen Vordersitz andererseits. Wenn jedoch zwei weitere Fehlermikrophone bei den Rücksitzen angeordnet sind, kann man die nachstehenden acht fahrgastbeeinflussten Charakteristiken gewinnen und speichern, um auch für die Fahrgäste auf den Rücksitzen eine Geräuschverminderung zu erzielen: nur der Fahrer; der Fahrer und ein Fahrgast auf dem Vordersitz; der Fahrer und ein Fahrgast auf dem Rücksitz auf der Fahrerseite; der Fahrer und ein Fahrgast auf dem Rücksitz der Fahrgastseite; der Fahrer, ein Fahrgast auf dem vorderen Fahrgastsitz, und ein Fahrgast auf dem Rücksitz auf der Fahrerseite; der Fahrer, ein Fahrgast auf dem vorderen Fahrgastsitz, ein

Fahrgast auf dem hinteren Fahrgastsitz der Fahrgastseite; der Fahrer, ein Fahrgast auf dem Rücksitz der Fahrerseite und ein Fahrgast auf dem Rücksitz der Fahrgastseite; der Fahrer, ein Fahrgast auf dem Vordersitz, ein Fahrgast auf dem Rücksitz der Fahrerseite und ein Fahrgast auf dem Rücksitz der Fahrgastseite.

Die fahrgastbeeinflußten Übertragungscharakteristiken nach dem Versand oder der Auslieferung sind eingestellt worden, wie es in Fig. 12 gezeigt ist. Wenn der Nichtbesetzt-Zustand erfaßt wird, bevor ein Fahrgast oder Fahrgäste in das Kraftfahrzeug gelangt sind oder nachdem ein Fahrgast oder Fahrgäste das Kraftfahrzeug verlassen haben, wird das System zwischen den Fehlermikrophonen 5A und 5B und dem Lautsprecher 4A im Nichtbesetzt-Zustand als ein unbekanntes System 31c eingestellt, und die Nichtbesetzt-Zustand-Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken C'Omn (C'O11, C'O21, C'O12 und C'O22) vor dem Gebrauch (nach Auslieferung) werden so eingestellt, wie es die Situation erfordert, und zwar in der gleichen Weise wie die anfänglichen Nichtbesetzt-Zustand-Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken Comn.

Wie es mit weiteren Einzelheiten aus Fig. 13 und 14 hervorgeht, wird eine Impulsantwort unter dem anfänglichen Besetzt-Zustand korrigiert auf der Grundlage sowohl der anfänglichen Nichtbesetzt-Zustand-Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken Comn als auch der fahrgastbeeinflußten Charakteristiken CXmn. Es werden nämlich zuerst die anfänglichen Nichtbesetzt-Zustand-Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken Comn erhalten und dann die fahrgastbeeinflußten Charakteristiken CXmn auf der Grundlage der erhaltenen Nichtbesetzt-Zustand-Übertragungscharakteristiken Comn. Diese erhaltenen Charakteristiken werden vorab gespeichert. Die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken C'Omn im Nichtbesetzt-Zustand vor dem Fahrzeuggebrauch (nach dem Versand) werden zu irgendeiner Zeit erhalten, und der Einfluß des Fahrgastes wird korrigiert auf der Grundlage der vorab gespeicherten fahrgastbeeinflußten Charakteristiken CXmn, so daß man genaue Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken erhält, bevor das Geräuschverminderungssystem aktiviert wird.

Die Funktionen des dritten Ausführungsbeispiels werden nachstehend erläutert.

Wie es oben beschrieben worden ist, sind zunächst sowohl die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken CO11 und CO21 zwischen den Fehlermikrophonen 5A und 5B und dem Lautsprecher 4A unter dem anfänglichen Nichtbesetzt-Zustand (vor dem Versand) als auch ferner die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken CO12 und CO22 zwischen den Fehlermikrophonen 5A und 5B und dem Lautsprecher 4B unter dem anfänglichen Nichtbesetzt-Zustand (vor dem Versand) auf der Grundlage der Systemidentifikation erhalten worden. Danach werden die jeweiligen fahrgastbeeinflußten Charakteristiken CXmn (CX11, CX21, CX12, CX22) gemäß den verschiedenen Platz-Besetzt-Zuständen (beispielsweise nur der Fahrer; der Fahrer und ein Fahrgast auf dem Vordersitz) unter Verwendung der anfänglichen Nichtbesetzt-Zustand-Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken Comn (CO11, CO21, CO12, CO22) auf der Grundlage der Systemidentifikation gewonnen. Die so gewonnenen Charakteristiken Comn werden vorab in der CX-Speicherschaltung 23b gespeichert. Nach dem Versand werden die Nichtbesetzt-Zustände, bevor der Fahrgast einsteigt oder nachdem der Fahrgast aus dem Fahrzeug ausgestiegen ist, erfaßt, und die Nichtbesetzt-Zustand-Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken C'O11 und C'O12 vor dem Gebrauch (nach dem Versand) zwischen den Fehlermikrophonen 5A und 5B und dem Lautsprecher 4A und ferner die Nichtbesetzt-Zustand-Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken C'O12 und C'O22 zwischen den Fehlermikrophonen 5A und 5B und dem Lautsprecher 4A vor dem Gebrauch (nach dem Versand) werden auf der Grundlage der Systemidentifikation gewonnen. Diese gewonnenen Werte werden jeweils alle in die jeweiligen C'Omn-Schaltungen eingebracht (C'O11-Schaltung 17a, C'O21-Schaltung 18a, C'O12-Schaltung 19a, C'O22-Schaltung 20a).

Wenn dann danach ein Fahrgast oder Fahrgäste Platz nehmen, stellt die Fahrgastsitz-Besetzt-Diskriminierschaltung 23a der fahrgastbeeinflußten Charakteristik-Einstellschaltung 23 den Fahrgastsitz-Besetzt-Zustand (beispielsweise nur der Fahrer; der Fahrer und ein Fahrgast auf dem Frontsitz) auf der Grundlage der Signale fest, die die Sitzsensoren 24 und 25 in den Sitzen 26 bzw. 27 erfassen. Die Diskriminierschaltung 23a gibt ein dementsprechendes Signal an die CX-Speicherschaltung 23b ab, um die fahrgastbeeinflußten Übertragungscharakteristiken CXmn (CX11, CX21, CX12, CX22), die dem Fahrgastsitz-Besetzt-Zustand entsprechen, an die CXmn-Schaltung (CX11-Schaltung 17b, CX21-Schaltung 18b, CX12-Schaltung 19b, CX22-Schaltung 20b) auszugeben, so daß vorbestimmte fahrgastbeeinflußte Charakteristiken CXmn (CX11, CX21, CX12, CX22) in der CX11-Schaltung 17b, CX21-Schaltung 18b, CX12-Schaltung 19b und CX22-Schaltung 20b gesetzt werden.

Sobald der Motor 1 startet, wird ein Motorvibrationsgeräushton über die Motorhalterungen in den Fahrgastraum als Geräusch übertragen. Weiterhin wird ein Ton, der während der Ansaug- und Ausstoßhübe erzeugt wird und mit einer vorbestimmten Fahrzeugaufbauübertragungscharakteristik C multipliziert ist, in den Fahrgastraum übertragen. Folglich erreicht der übertragene Geräushton die Geräuschempfangsstellen in der Nähe der Ohren des Fahrgastes auf dem Vordersitz 26 und des Fahrers auf dem Fahrersitz 27. Gleichzeitig werden die Motorsignale (gewonnen durch Wellenformung und Verarbeitung des Zündimpulssignals, Kraftstoffinjektionsimpulssignals, Kurbelwinkelsensorsignals usw. unter Einschluß von Motordrehzahl und Belastungsinformationsdaten) und das Hauptquellensignal PSe (in hoher Korrelation mit dem motorbezogenen Fahrgastraum-Vibrationsgeräushton) beide den adaptiven Filtern 3A und 33 sowie den Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Schätzschaltungen 17, 18, 19 und 20 zugeführt.

Das adaptive Filter 3A berechnet die Summe von Faltungsprodukten aus dem zugeführten Hauptquellensignal PSe und den Filterkoeffizienten und gibt die berechnete Summe als das Löschesignal zum Löschen des Vibrationsgeräushtones bei den Geräuschempfangsstellen an den Lautsprecher 4A aus, beispielsweise über einen D/A-Umsetzer und einen Verstärker (beide nicht gezeigt). Der vom Lautsprecher 4A erzeugte Löshton wird in diesem Moment mit den Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken Cmn (C11, C21) multipliziert. Der multiplizierte Ton erreicht die Geräuschempfangsstelle. In ähnlicher Weise berechnet das adaptive Filter 3B die Summe von Faltungsprodukten aus dem dem Filter zugeführten Hauptquellensignal PSe und den Filterkoeffizienten und gibt die berechnete Summe als Löschesignal zum Löschen des Vibrationsgeräushtones

bei den Geräuschempfangsstellen auf den Lautsprecher 4B, beispielsweise über einen D/A-Umsetzer und den Verstärker (beide nicht gezeigt). Der vom Lautsprecher 4B erzeugte Löschton wird in diesem Moment mit der Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik Cmn (C12, C22) multipliziert. Der multiplizierte Ton erreicht die Geräuschempfangsstelle.

Bei den Geräuschempfangsstellen überlagern sich somit der motorbezogene Vibrationsgeräuschton und der Löschton und reduzieren auf diese Weise das Vibrationsgeräusch. Gleichzeitig werden die Interferenz- oder Überlagerungsergebnisse zwischen dem Vibrationsgeräuschton und dem Löschton abgefühlt oder erfaßt, und die erfaßten Ergebnisse werden als Fehlersignale zu den LMS-Rechenschaltungen 6A bzw. 6B übertragen.

Das in die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Schätzschaltung 17 eingegebene Hauptquellensignal PSe wird durch die C'O11-Schaltung 17a und die CX11-Schaltung 17b korrigiert. Das in die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Schätzschaltung 18 eingegebene Hauptquellensignal PSe wird durch die C'O21-Schaltung 18a und die CX21-Schaltung 18b korrigiert. Die beiden korrigierten Signale werden der LMS-Rechenschaltung 6A zugeführt. Die LMS-Rechenschaltung 6A berechnet die Filterkorrekturrate auf der Grundlage der Fehlersignale, die von den Fehlermikrophonen 5A und 5B stammen, sowie auf der Grundlage der Hauptquellensignale, die durch die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Schätzschaltungen 17 und 18 korrigiert sind, und sie führt einen Algorithmus zur Aktualisierung der Filterkoeffizienten des adaptiven Filters 3A in einem solchen Sinne aus, daß die von den Fehlermikrophonen 5A und 5B empfangenen Fehlersignale so klein wie möglich werden.

Das der Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Schätzschaltung 19 zugeführte Hauptquellensignal PSe wird durch C'O12-Schaltung 19a und die CX12-Schaltung 19b korrigiert. Das der Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Schätzschaltung 20 zugeführte Hauptquellensignal PSe wird durch die C'O22-Schaltung 20a und die CX22-Schaltung 20b korrigiert. Die beiden korrigierten Signale werden der LMS-Rechenschaltung 6B zugeführt. Die LMS-Rechenschaltung 6B berechnet die momentanen Quadrate von Fehlern oder Abweichungen auf der Grundlage der von den Fehlermikrophonen 5A und 5B stammenden Fehlersignale und der durch die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Schätzschaltungen 19 und 20 korrigierten Hauptquellensignale, und sie führt ferner einen Algorithmus zum Aktualisieren der Filterkoeffizienten des adaptiven Filters 3B in einem solchen Sinne aus, daß die von den Fehlermikrophonen 5A und 5B empfangenen Fehlersignale minimiert werden.

Wie es oben beschrieben worden ist, wird bei diesem Ausführungsbeispiel die Systemidentifikation zu irgendeiner Zeit ausgeführt, immer wenn sich innerhalb des Fahrzeugs keine Fahrgäste befinden, um den Einfluß der Innenumgebung des Kraftfahrzeugs (Raumtemperatur, Raumfeuchtigkeit, Änderungen in der Temperatur und Feuchtigkeit in Abhängigkeit von der Zeit, Anordnung von Gegenständen, usw. mit Ausnahme von Fahrgästen) auf die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken zu erhalten und entsprechende Einstellungen vorzunehmen. Der Einfluß der Sitz-Besetzt-Zustände auf die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken ist zuvor in Form von fahrgastbeeinflussten Charakteristiken gespeichert worden. Wenn Fahrgäste Plätze einnehmen, werden die fahrgastbeeinflussten Charakteristiken entsprechend den Fahrgastsitz-Besetzt-Zuständen eingestellt. Da in diesem Fall die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken unter Erzeugung eines durch die Lautsprecher erzeugten Zufallsrauschktones eingestellt werden, wenn keine Fahrgäste vorhanden sind, ist es möglich, diese Übertragungscharakteristiken ohne unangenehme Geräusche für die Fahrgäste einzustellen.

Da ferner die Systemidentifikation nur ausgeführt wird, wenn keine Fahrgäste im Fahrgastraum sind, um den Einfluß der Innenraumumstände (Fahrgastraumtemperatur, Fahrgastfeuchtigkeit, Änderungen in der Temperatur und Feuchtigkeit in Abhängigkeit von der Zeit, Anordnung von Gegenständen oder sonstigen Einrichtungen usw. mit Ausnahme von Fahrgästen) auf die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristiken zu erhalten und diese einzustellen, ist es möglich, die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristikänderungen gemäß dem Kraftfahrzeuginnenraum genau zu gewinnen und auf diese Weise eine wirksame und stabile Rauschverminderung zu erzielen.

Bei dem oben erwähnten Ausführungsbeispiel wird der MEFX-LMS-Algorithmus dadurch erhalten, daß der Zwei-Mikrophon- und Zwei-Lautsprecher-LMS-Algorithmus auf eine Vielzahl von Kanälen ausgedehnt wird, um auf diese Weise das Geräuschunterdrückungssystem nach der Erfindung auszugestalten. Die Erfindung kann jedoch auch auf ein Rauschverminderungssystem angewendet werden, daß einen anderen MEFX-LMS-Algorithmus (beispielsweise vier Fehlermikrophone und zwei Lautsprecher) oder einen Einzelkanalalgorithmus (ein Mikrophon und ein Lautsprecher) benutzt.

Ein viertes Ausführungsbeispiel des Geräuschverminderungssystems nach der Erfindung wird nachstehend an Hand von Fig. 16 beschrieben. Die Besonderheit dieses Ausführungsbeispiels besteht darin, nicht alle Motorgeräuschkomponenten zu vermindern, sondern spezifisches Motorgeräusch entsprechend den Wünschen des Fahrers oder der Fahrgäste zu erzeugen, um ein komfortables Fahrgefühl zu vermitteln.

Nach der Zeichnung ist ein Kurbelwinkelerfassungsrotor 15 an einer Kurbelwelle 1a des Motors 1 angebracht, und ferner ist ein Kurbelwinkelsensor 16, beispielsweise ein elektromagnetischer Abtaster, zum Erfassen von Vorsprüngen des Rotors 15 nahe bei der äußeren Umfangsoberfläche des Kurbelwinkelerfassungsrotors 15 vorgesehen.

Der Kurbelwinkelsensor 16 erzeugt 24 Impulssignale beispielsweise für jeweils zwei Motorumdrehungen (720° CA). Die erzeugten Impulssignale werden in eine Signaltransformationsschaltung 2B (das ist die Signaltransformationseinrichtung M1) des Geräuschverminderungssystems NR als Korrelationssignal eingegeben.

Wie es aus Fig. 17 hervorgeht, führt die Signaltransformationsschaltung 2B eine Wellenformung und Verarbeitung an dem vom Kurbelwinkelsensor 16 zugeführten Korrelationssignal aus, um ein Vibrationsgeräuschquellensignal (Hauptquellensignal) PSe zu erhalten. Das erhaltene Hauptquellensignal PSe wird an ein adaptives Filter 3 und eine Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Schätzschaltung (CMNO-Schaltung) 7

(dies ist die Löschsignalaktualisierungseinrichtung M5) ausgegeben. In der Signaltransformationsschaltung 2B ist eine Vielzahl Ausgangssignale zuvor eingestellt, die über ein Betriebspult (nicht gezeigt) frei wählbar oder schaltbar sind. Die in der Signaltransformationsschaltung 2B zuvor eingegebenen oder eingestellten Ausgangssignale sind alle mit den Motorumdrehungen synchronisiert und gemäß den Frequenzbereichen wie folgt klassifiziert:

Ein Signal, aus dem die Frequenzspektrumkomponenten der 1,5-nten Ordnung (n ist ganzzahlig) eliminiert sind, wie es bei I in Fig. 18 gezeigt ist;

Ein Signal, aus dem die Frequenzspektrumkomponenten der 2,0-nten Ordnung eliminiert sind, wie es in Fig. 18 bei II gezeigt ist;

Ein Signal, aus dem die Frequenzspektrumkomponenten der 3,0-nten Ordnung eliminiert sind, wie es in Fig. 18 bei III gezeigt ist; und

Ein Signal, aus dem die Frequenzspektrumkomponenten der 4,0-nten Ordnung eliminiert sind, wie es in Fig. 18 bei IV gezeigt ist.

Wie es bereits beschrieben worden ist, ist der auf einen 4-Takt-Motor bezogene Vibrationsgeräushton ein Vibrationsgeräuschsignal mit einer Periode, die zwei Motorumdrehungen entspricht, und mit einem Frequenzspektrum, das sich zusammensetzt aus einer Grundschwingung mit einer Frequenzkomponente der 0,5ten Ordnung bezogen auf die Anzahl der Motorumdrehungen (Sinusschwingung mit einer Periode, die über zwei Motorumdrehungen reicht) und aus Oberschwingungen mit Komponenten höherer ($0,5 \cdot n$) Ordnung bezogen auf die Anzahl der Motorumdrehungen. Es gibt allerdings den Fall, daß das Rauschsignal ein Frequenzspektrum hat, das sich hauptsächlich aus spezifischen Komponenten höherer Ordnung in Abhängigkeit von der Anzahl der Motorzylinder zusammensetzt (beispielsweise im Falle eines 4-Zylinder-Motors, dessen Rauschsignal ein Frequenzspektrum hat, das sich aus Teilschwingungen der 2,0-nten Ordnung bezogen auf die Anzahl der Motorumdrehungen zusammensetzt). Bei diesem Ausführungsbeispiel ist daher das Rauschverminderungssystem dahingehend modifiziert, daß man den Motorvibrationsgeräushton einer spezifischen Anzahl von Motorzylindern gemäß dem Vorzug des Fahrers oder des Fahrgastes hören kann. Bei diesem Ausführungsbeispiel können daher die Motorgeräuschte von vier verschiedenen Zylindern entsprechend dem Fahrer- oder Fahrgastwunsch ausgewählt werden. Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf eine Auswahl von vier verschiedenen Arten von Tönen beschränkt. Es ist möglich, andere Motorgeräuschte mit einer anderen Anzahl von Zylindern auszuwählen (beispielsweise ein 12-Zylinder-Motorgeräusch).

Das Prinzip des Eliminierens spezifischer Frequenzspektrumkomponenten unter Verwendung der Signaltransformationsschaltung 2B bei diesem Ausführungsbeispiel wird nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 19 und 20 beschrieben.

Die Fourier-Transformation eines Impulsfunktionszuges mit regelmäßigen Zwischenräumen kann man auf der Grundlage eines Impulszuges mit denselben regelmäßigen Zwischenräumen wie folgt ausdrücken:

$$h(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t-nT) \leftrightarrow H(f) = (1/T) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(f-n/T) \quad (1)$$

Darin ist n eine ganze Zahl, t bezeichnet die Zeit, f bezeichnet eine Frequenz und T bedeutet eine Periode. Da man hier die Impulsfunktion ausdrücken kann als

$$\begin{aligned} \delta(0) &= 1 \\ \delta(t) &= 0 \quad (t \neq 0) \end{aligned}$$

kann die obige Gleichung (1) wie folgt dargestellt werden

$$\begin{aligned} h(t) &= 1 & (t = nT) \\ h(t) &= 0 & (t \neq nT) \\ H(f) &= 1/T & (f = n/T) \\ H(f) &= 0 & (f \neq n/T) \end{aligned}$$

Da der Impulsfunktionszug eine Periode T und eine Amplitude a hat, wie es im Zeitbereich nach Fig. 19(A) dargestellt ist, kann er dargestellt werden durch einen Impulszug mit einem Frequenzspektrum aus Komponenten $1/T$ und höherer Ordnung und einer Amplitude von a/T , wie es in Fig. 19 bei A' im Frequenzbereich gezeigt ist.

Wird die Größe des Impulses mit dem K -fachen multipliziert, kann, da die Größe des Spektrums ebenfalls mit dem K -fachen multipliziert wird, der Impulsfunktionszug mit einer Periode $K \cdot T$ und einer Amplitude $-K \cdot a$, wie es im Zeitbereich der Fig. 19(B) gezeigt ist, dargestellt werden durch einen Impulszug mit einem Frequenzspektrum aus Komponenten $1/(K \cdot T)$ und höherer Ordnung und einer Amplitude von $-a/T$, wie es im Frequenzbereich in Fig. 19(B') gezeigt ist.

Wenn man die oben erwähnten bei (A), (A'), (B) und (B') dargestellten Signale im Zeitbereich bzw. Frequenzbereich synthetisiert, erhält man ein Signal aus Impulsen mit einer Amplitude $-(K-1) \cdot a$ für jede Periode von $K \cdot T$ und Impulse mit einer Amplitude von a für jede Periode von $n \cdot T$ (n ganzzahlig), die anders als die Periode $K \cdot T$ ist, wie es für den Zeitbereich in Fig. 20(C) gezeigt ist. Da die Komponenten der Ordnung n/T des Frequenzspektrums eliminiert werden, kann, wie es für den Frequenzbereich als Fig. 20(C') hervorgeht, ein

Frequenzspektrum aus Komponenten $1/(K \cdot T)$ und höherer Ordnung ohne die obigen Komponenten als ein Impulszug mit einer Amplitude $-a/T$ dargestellt werden.

Wenn dementsprechend die Frequenzspektrumkomponente eines Geräushtones, die einem S-Zylindermotor mit vier Takten pro zwei Motorumdrehungen (720° CA) entspricht, aus dem Geräuschquellensignal entfernt werden soll (um das Motorgeräusch zu hören), ist der Geräushton ein Signal mit einer Periode von zwei Motorumdrehungen, und der Motorvibrationsgeräushton hat daher ein Frequenzspektrum, das sich aus 0,5-nten Komponenten zusammensetzt. Ferner hat jeder der 5-Zylinder eine Periode von 720° CA. Folglich, wenn $K = S$, dann gilt

$$1/K \cdot T = 1/2,$$

so daß man die folgende Beziehung erhält:

$$K \cdot T = S \cdot T = 2 \quad (2)$$

Auf der Grundlage der obigen Beziehung ist es möglich, ein Hauptgeräuschquellenton zu erhalten, aus dem die Frequenzspektrumkomponente des S-Zylinder-Motors entfernt ist, und zwar durch Ausgabe von S-Stück Impulsen erzeugt bei regelmäßigen Zeitabständen von 720° CA in einer solchen Weise, daß ein Impuls mit einer Amplitude $(S-1)$ mal größer als diejenige der anderen restlichen $(S-1)$ -Stück Impulse in einer Richtung erzeugt wird, die entgegengesetzt zu derjenigen der restlichen Impulse ist. Der erzeugte Ton wird als das Vibrationsgeräuschquellensignal (das Hauptquellensignal) genommen und synchron mit der Motordrehzahl ausgegeben. Auf diese Weise ist es möglich, einen Motorton mit einer spezifischen Anzahl von Zylindern selektiv zu erhalten.

Die Betriebsweise dieses Ausführungsbeispiels wird nachstehend beschrieben.

Das Signal (beispielsweise 24 Impulse auf zwei Motorumdrehungen (720° CA)), das von dem Kurbelwinkelsensor 16 des Motors 1 erfaßt wird, wird eingegeben in die Signaltransformationsschaltung 2B des Geräuschverminderungssystems NR. Wenn jetzt der Fahrer beispielsweise das Betriebspult (nicht gezeigt) so betätigt, daß man den Geräushton eines 4-Zylinder-Motors hören kann, verarbeitet die Signaltransformationsschaltung 2B das Signal des Kurbelwinkelsensors 16 in ein wie folgt zu beschreibendes Signal: Vier Impulse werden in regelmäßigen Abständen von 720° CA in einer solchen Weise erzeugt, daß ein Impuls mit einer Amplitude, die dreimal größer als diejenige der restlichen 3-Stück Impulse ist, in einer Richtung erzeugt wird, die entgegengesetzt zu derjenigen der übrigen Impulse bezüglich des Zeitbereiches ist, und zusätzlich Komponenten der 2,0-nten Ordnung (n ganzzahlig) werden aus den Frequenzspektrumkomponenten bezüglich des Frequenzbereiches entfernt. Der so erzeugte Geräushton wird als das Vibrationsgeräuschquellensignal (Hauptquellensignal) verwendet und ausgegeben an das adaptive Filter 3 und die Lautsprecher-Mikrophon-Übertragungscharakteristik-Schätzschaltung (CMNO-Schaltung) 7.

Wo das Geräuschverminderungssystem nach der Erfindung mit anderem Geräuschsteuergerät (beispielsweise Auspuff) kombiniert wird, ist es möglich, einen für den Fahrer und Fahrgast angenehmen Ton oder Sound zu erzeugen, und zwar unter gleichzeitiger Verminderung des Geräushtones, der in der äußeren Umgebung außerhalb des Fahrgastraumes erzeugt wird.

Obgleich bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel der Kurbelwinkelsensor als Korrelationssignalerfassungseinrichtung dient, ist es selbstverständlich möglich, eine andere Erfassungseinrichtung zu verwenden, beispielsweise einen Nockenwinkelsensor als Korrelationssignalerfassungseinrichtung, oder der Signaltransformationseinrichtung als Korrelationssignal andere Korrelationssignale zuzuführen, beispielsweise ein Zündimpulssignal, Kraftstoffinjektionsimpulssignal usw.

Da, wenn Motorbelastungsinformationsdaten (beispielsweise Ansaugluftmenge, Drosselklappenöffnungsrate usw.) der Signaltransformationseinrichtung zugeführt werden, die Korrelation mit dem Motorvibrationsgeräusch weiter verbessert werden kann, ist es möglich, ein Fahrgastraum-Baßton-Steuergerät zu realisieren, das insbesondere bei einem transienten Betrieb des Motors schnelle Ansprechcharakteristiken hat.

Da der Fahrer oder die Fahrgäste, wie es in den Ausführungsbeispielen der Erfindung oben beschrieben ist, einen angenehmen Ton, Klang oder Sound empfinden können, und zwar dadurch, daß bestimmte Frequenzspektrumkomponenten höherer Ordnung des Motorvibrationsgeräusches nicht ausgelöscht werden, ist es möglich, für den Fahrer und die Fahrgäste ein komfortables Fahrgefühl bereitzustellen. Die Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung dient lediglich dem Zweck der Erläuterung. Für den Fachmann sind zahlreiche Abwandlungen und Modifikationen möglich, ohne daß der Schutzbereich der Erfindung verlassen wird.

Patentansprüche

1. Geräuschverminderungssystem für den Fahrgastraum eines Kraftfahrzeugs, **gekennzeichnet durch** eine Erfassungseinrichtung (1; 14, 16) zum Erfassen von Motorbetriebszuständen und zum Ausgeben eines Motorbetriebssignals (Ig, Ia, Cr),
eine auf das Motorbetriebssignal ansprechende Transformiereinrichtung (2, 2A, 2B) zum Transformieren dieses Signals in ein Vibrationsgeräuschquellensignal (Pse) mit einem Frequenzspektrum, das sich aus Komponenten vorbestimmter Ordnung der Motorbetriebszustände zusammensetzt, und zum Ausgeben des transformierten Vibrationsgeräuschquellensignals (PSe),
eine auf das Vibrationsgeräuschquellensignal (PSe) ansprechende Synthetisiereinrichtung (M2) zum Synthetisieren des transformierten Vibrationsgeräuschquellensignals in ein Löschesignal auf der Grundlage von

Filterkoeffizienten eines adaptiven Filters (3) und zum Ausgeben des synthetisierten Löschsignals, eine auf das synthetisierte Löschesignal ansprechende Tonerzeugungseinrichtung (4) zum Erzeugen eines Löschesignals zur Löschung eines Vibrationsgeräusches innerhalb des Fahrgastraumes des Kraftfahrzeugs,

eine Empfangseinrichtung (5) zum Empfangen eines Geräuschesignals als ein Fehlersignal bei einer Geräuschempfangsstelle (8), und

eine auf das Fehlersignal und das transformierte Vibrationsgeräuschquellensignal ansprechende Aktualisierungseinrichtung (M5) zum Aktualisieren von Filterkoeffizienten des adaptiven Filters (3) auf der Grundlage sowohl des erfaßten Motorbetriebssignals als auch des empfangenen Fehlersignals.

2. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 1, bei dem die Motorbetriebszustandserfassungseinrichtung eine Einrichtung zum Erfassen der Motordrehzahl ist.

3. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 2, bei dem die Einrichtung zum Erfassen der Motordrehzahl eine Zündsignalerzeugungseinrichtung ist.

4. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 2, bei dem die Einrichtung zum Erfassen der Motordrehzahl eine Kraftstoffinjektionsimpuls-sig-nalerzeugungseinrichtung ist.

5. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 2, bei dem die Einrichtung zum Erfassen der Motordrehzahl eine Kurbelwinkelsensoreinrichtung (16) ist.

6. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 2, bei dem die Einrichtung zum Erfassen der Motordrehzahl eine Motornockenwinkelsensoreinrichtung ist.

7. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 1, bei dem die Motorbetriebszustandserfassungseinrichtung eine Einrichtung (14) zum Erfassen der Motorbelastung ist.

8. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 7, bei dem die Motorbelastungserfassungseinrichtung (14) eine Einrichtung zum Erfassen der Drosselklappenöffnungsrate ist.

9. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 7, bei dem die Motorbelastungserfassungseinrichtung (14) eine Einrichtung zum Erfassen des Motoransaugrohrvakuum ist.

10. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 1, bei dem die Transformiereinrichtung eine Zündsignaltransformierschaltung (2) ist, die eine Wellenformers-
schaltung (2a) zum Wellenformen eines Zündsignals (Ig) als eines der Motorbetriebssignale und eine Frequenzkomponenteneliminierschaltung (2b) zum Eliminieren von Frequenzkomponenten höherer Ordnung aus dem Zündsignal enthält, um das Vibrationsgeräuschquellensignal (PSe) mit einem Frequenzspektrum zu erhalten, das sich zusammensetzt aus Komponenten der 0,5-nten Ordnung der Motordrehzahl, wobei n eine ganze Zahl ist.

11. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 1, bei dem die Transformiereinrichtung eine Eingangssignaltransformierschaltung (2A) ist, die eine Wellenformschaltung zum Wellenformen von Eingangssignalen wie Motordrehzahl- und Motorbelastungssignale (Cr, Ia) und eine Frequenzkomponenteneliminierschaltung zum Eliminieren von Frequenzkomponenten höherer Ordnung aus dem Motordrehzahl-sig-nal enthält, um das Vibrationsgeräuschquellensignal (Pse) mit einem Frequenzspektrum zu erhalten, das sich zusammensetzt aus Komponenten der 0,5-nten Ordnung der Motordrehzahl, und mit einer in Abhängigkeit von der Größe der Motorbelastung veränderbaren Amplitude, wobei n eine ganze Zahl ist.

12. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 1, bei dem die Synthetisiereinrichtung (M2) ein auf einen Impuls begrenzt ansprechendes adaptives Filter (3) mit aktualisierbaren Filterkoeffizienten zum Synthetisieren des Vibrationsgeräuschquellensignals (PSe) in das Löschesignal ist, und zwar durch Berechnen einer Summe von Faltungsprodukten aus dem Hauptquellensignal und den Filterkoeffizienten.

13. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 1, bei dem die Geräuscherzeugungseinrichtung wenigstens einen innerhalb des Fahrgastraumes angeordneten Lautsprecher (4) aufweist.

14. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 13, bei dem die Tonerzeugungseinrichtung wenigstens einen Lautsprecher (4) aufweist, der gemeinsam mit einem innerhalb des Fahrgastraumes vorgesehenen Audiolautsprecher ausgebildet ist.

15. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 1, bei dem die Empfangseinrichtung wenigstens ein innerhalb des Fahrgastraumes angeordnetes Mikrophon (5) ist.

16. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 1, bei dem die Aktualisiereinrichtung (M5) enthält eine Schätzschaltung (7) zum vorangehenden Speichern von Übertragungscharakteristiken (CMN) zwischen der Tonerzeugungseinrichtung (4) und der Fehlersignalempfangseinrichtung (5) und ferner zum Multiplizieren des transformierten Vibrationsgeräuschquellensignals (PSe) mit den gespeicherten Übertragungscharakteristiken (CMN) zum Schätzen des Vibrationsgeräuschquellensignals gemäß den Zuständen oder Bedingungen innerhalb des Fahrgastraumes und eine das kleinste quadratische Mittel berechnende Schaltung (6) zum Berechnen eines momentanen Quadrates der Differenz zwischen dem korrigierten Vibrationsgeräuschquellensignal und dem empfangenen Fehlersignal, wobei die Filterkoeffizienten des adaptiven Filters (3) der Synthetisiereinrichtung auf der Grundlage des berechneten momentanen Quadrats der Differenz zwischen diesen beiden Größen so aktualisiert werden, daß der Fehlersignalwert minimiert wird.

17. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 1, bei dem die Aktualisiereinrichtung (M5) ferner eine Setz- oder Einstelleinrichtung (23) zum Einstellen oder Setzen fahrgastbeeinflußter Charakteristiken enthält, welche Charakteristiksetzeinrichtung (23) aufweist:

eine auf das Motorbetriebssignal ansprechende Nichtbesetzt-Zustand-Setzeinrichtung (17a, 18a, 19a, 20a) zum Setzen von Unbesetzt-Zustand-Übertragungscharakteristiken (C'Omn) zwischen der Tonerzeugungseinrichtung (4A, 4B) und der Fehlersignalempfangseinrichtung, wenigstens eine Sitzsensoreinrichtung (24, 25) zum Erfassen des Vorhandenseins eines Fahrgastes und zum Ausgeben eines Fahrgast-Vorhanden-Signals,

eine auf das Fahrgast-Vorhanden-Signal ansprechende Diskriminiereinrichtung (23a) zum Diskriminieren

von Fahrgastsitz-Besetzt-Zuständen,

eine Speichereinrichtung (23b) zum vorausgehenden Speichern einer fahrgastbeeinflussten Übertragungscharakteristik (CXmn) gemäß einem Fahrgastsitz-Besetzt-Zustand, eine auf die Speichereinrichtung (23b) ansprechende Besetzt-Zustand-Setzeinrichtung (17b, 18b, 19b, 20b) zum Einstellen oder Setzen der fahrgastbeeinflussten Übertragungscharakteristik (CXmn) zwischen der Tonerzeugungseinrichtung (4A, 4B) und der Fehlersignalempfangseinrichtung (5A, 5B), die aufgrund der diskriminierten Fahrgastsitz-Besetzt-Zustände in der Speichereinrichtung (23b) gespeichert ist, und

eine auf die Nichtbesetzt-Zustand-Setzeinrichtung (17a, 18a, 19a, 20a) und die Besetzt-Zustand-Setzeinrichtung (17b, 18b, 19b, 20b) ansprechende Schätzeinrichtung (17, 18, 19, 20) zum Schätzen einer gegenwärtigen oder momentanen Übertragungscharakteristik (CMN) zwischen der Tonerzeugungseinrichtung (4A, 4B) und der Fehlersignalempfangseinrichtung (5A, 5B) auf der Grundlage sowohl der Nichtbesetzt-Zustand-Übertragungscharakteristik (C'Omn) und der gesetzten fahrgastbeeinflussten Übertragungscharakteristik (CXmn), wobei das Vibrationsgeräuschquellensignal (PSe) mit den geschätzten Übertragungscharakteristiken (CMN) multipliziert wird.

18. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 17, bei dem die Nichtbesetzt-Zustand-Setzeinrichtung (17a, 18a, 19a, 20a) die Nichtbesetzt-Zustand-Übertragungscharakteristiken (COmn) zwischen der Tonerzeugungseinrichtung (4A, 4B) und der Fehlersignalempfangseinrichtung (5A, 5B) dadurch setzt, daß zu irgendeiner Zeit, bei der sich kein Fahrgast in dem Fahrgastraum vor dem Versand befindet, durch die Tonerzeugungseinrichtung ein Zufallsgeräusch oder statistisches Rauschen erzeugt wird und die Übertragungscharakteristiken (COmn) derart aktualisiert werden, daß der Fehlersignalwert minimiert wird, wenn das empfangene Fehlersignal, dem ein Ausgangssignal der Nichtbesetzt-Zustand-Setzeinrichtung überlagert ist, in die Aktualisiereinrichtung eingegeben wird.

19. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 17, bei dem die Besetzt-Zustand-Setzeinrichtung (17b, 18b, 19b, 20b) die fahrgastbeeinflussten Übertragungscharakteristiken (CXmn) zwischen der Tonerzeugungseinrichtung (4A, 4B) und der Fehlersignalempfangseinrichtung (5A, 5B) dadurch setzt, daß durch die Tonerzeugungseinrichtung ein Zufallsgeräusch oder statistisches Rauschen erzeugt wird, wenn sich ein Fahrgast innerhalb des Fahrgastraumes vor dem Versand befindet, und die Übertragungscharakteristik (CXmn) so aktualisiert wird, daß der Fehlersignalwert minimiert wird, wenn das empfangene Fehlersignal, dem ein Ausgangssignal der Besetzt-Zustand-Setzeinrichtung überlagert ist, der Aktualisiereinrichtung zugeführt wird.

20. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 17, bei dem die Nichtbesetzt-Zustand-Setzeinrichtung (17a, 18a, 19a, 20a) die Nichtbesetzt-Zustand-Übertragungscharakteristik (C'Omn) zwischen der Tonerzeugungseinrichtung (4A, 4B) und der Fehlersignalempfangseinrichtung (5A, 5B) dadurch setzt, daß durch die Tonerzeugungseinrichtung ein Zufallsgeräusch oder statisches Rauschen zu irgendeiner Zeit erzeugt wird, wenn sich innerhalb des Fahrgastraumes kein Fahrgast nach dem Versand befindet, und daß die Übertragungscharakteristiken (C'Omn) derart aktualisiert werden, daß der Fehlersignalwert minimiert wird, wenn das empfangene Fehlersignal, dem ein Ausgangssignal der Nichtbesetzt-Zustand-Setzeinrichtung überlagert ist, der Aktualisiereinrichtung eingegeben wird.

21. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 17, bei dem die Besetzt-Zustand-Setzeinrichtung (17b, 18b, 19b, 20b) die fahrgastbeeinflusste Übertragungscharakteristik (CXmn) zwischen der Tonerzeugungseinrichtung (4A, 4B) und der Fehlersignalempfangseinrichtung (5A, 5B) in Abhängigkeit von den diskriminierten Fahrgastsitz-Besetzt-Zuständen setzt, die von der Sitzsensoreinrichtung (24, 25) erfaßt werden, wenn ein Fahrgast oder Fahrgäste nach dem Versand im Fahrgastraum Platz nehmen.

22. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 20, bei dem die Nichtbesetzt-Zustand-Übertragungscharakteristiken (C'Omn) unter Berücksichtigung der Fahrgastraumtemperatur, Fahrgastraumfeuchtigkeit und Änderung dieser Temperatur und Feuchtigkeit in Abhängigkeit von der Zeit sowie der Anordnung von Gegenständen nach dem Versand bestimmt werden.

23. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 17, bei dem die fahrgastbeeinflussten Übertragungscharakteristiken (CXmn) unter Berücksichtigung von Kombinationen aus der Anzahl der Fahrgäste und aus den Positionen, bei denen die Fahrgäste Platz genommen haben, bestimmt werden.

24. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 17, bei dem eine Vielzahl der Nichtbesetzt-Zustand-Setzeinrichtungen (17a, 18a, 19a, 20a) und der Besetzt-Zustand-Setzeinrichtungen (17b, 18b, 19b, 20b) in derselben Anzahl wie Geräuschempfangsstellen (8) in dem System vorhanden ist.

25. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 1, bei dem die Transformiereinrichtung (2, 2A, 2B) das erfaßte Motorbetriebssignal in ein Vibrationsgeräuschquellensignal (PSe) mit einem Frequenzspektrum transformiert, das aus Komponenten der nten Ordnung der Motordrehzahl zusammengesetzt ist und aus dem spezifische höhere Harmonische selektiv entfernt sind, wobei n eine ganze Zahl ist, um einen Motorvibrationsgeräuschton, der von einem Motor mit einer gegebenen ausgewählten Anzahl (S) von Motorzylindern erzeugt wird, nicht zu löschen.

26. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 25, bei dem die selektiv entfernten spezifischen höheren Harmonischen irgendwelche Komponenten der m-nten Ordnung der Motordrehzahl sind, wobei m gleich 1,5, 2,0, 3,0, 4,0, 5,0 und 6,0 ist.

27. Geräuschverminderungssystem nach Anspruch 25, bei dem das Vibrationsgeräuschquellensignal (PSe) aus dem die einer gegebenen ausgewählten Anzahl (S) von Motorzylindern entsprechende Frequenzspektrumkomponente entfernt ist, einen Impulszug aufweist, der aus S Impulsen besteht, die in regelmäßigen Abständen voneinander in einer solchen Weise erzeugt werden, daß ein Impuls, dessen Amplitude (S-1) mal größer als diejenige der übrigen (S-1) Impulse ist, der Richtung dieser übrigen Impulse entgegengesetzt ist, und zusätzlich die Komponenten der 2,0-nten Ordnung aus den Frequenzspektrumkomponenten

entfernt sind.

Hierzu 18 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

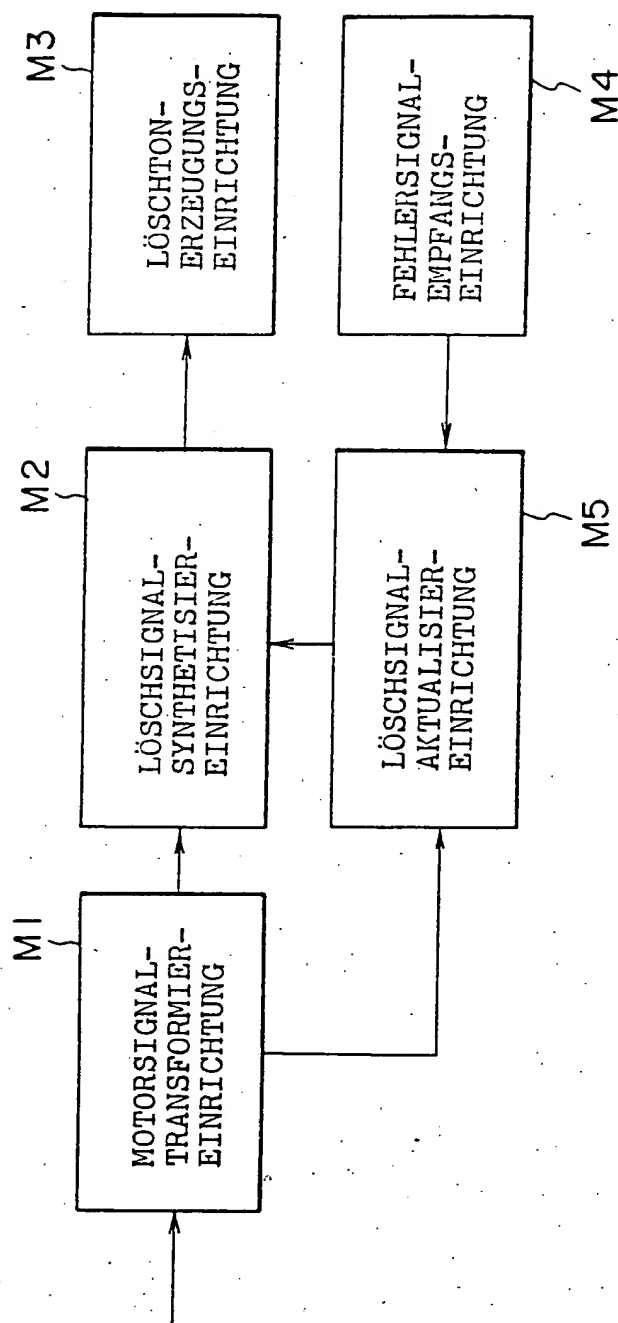


FIG. 1

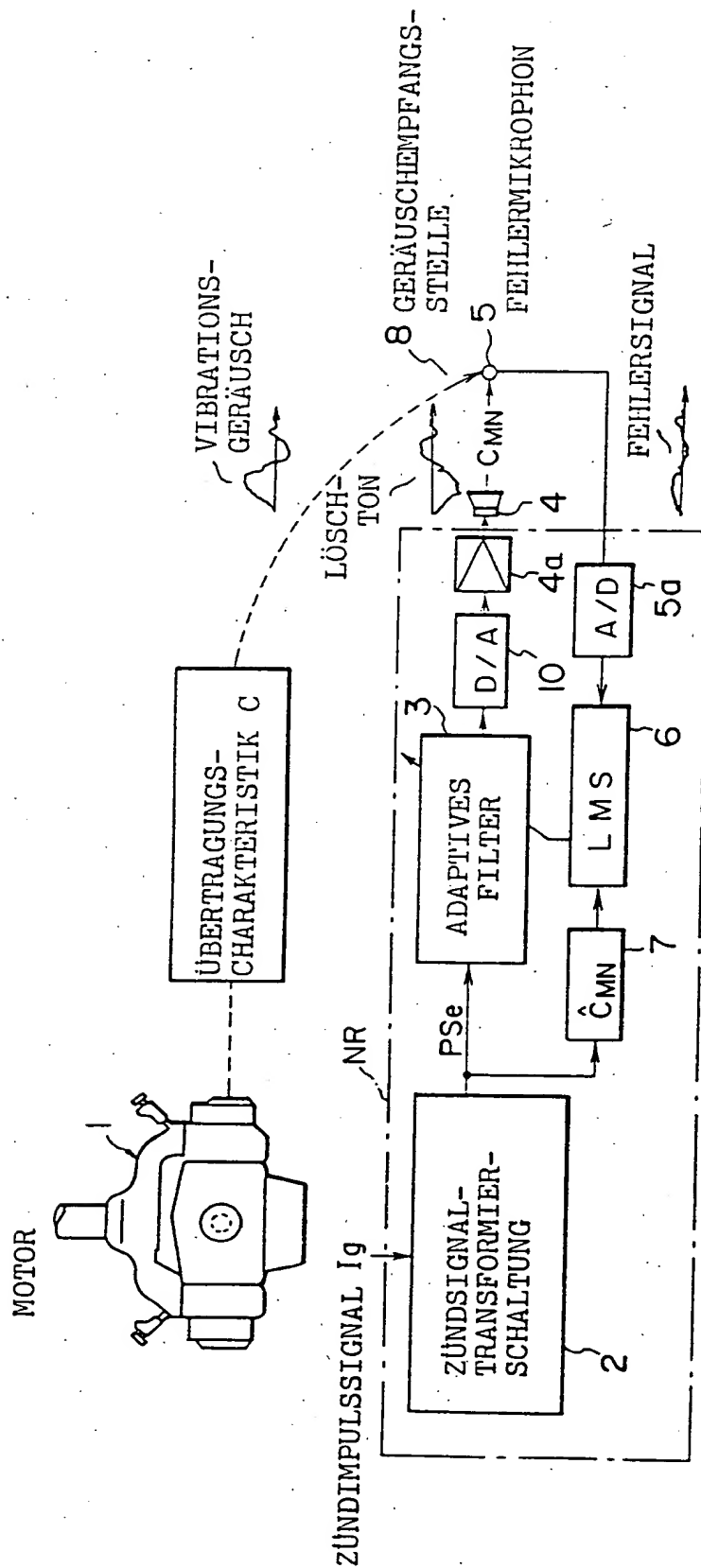


FIG. 2

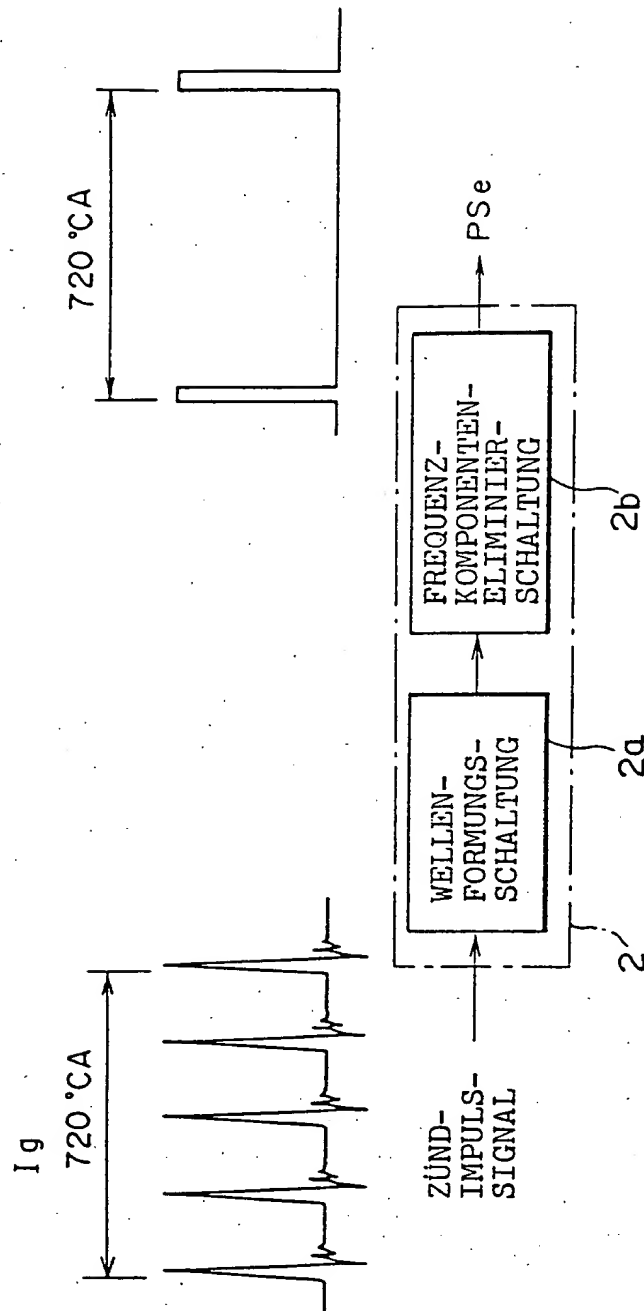
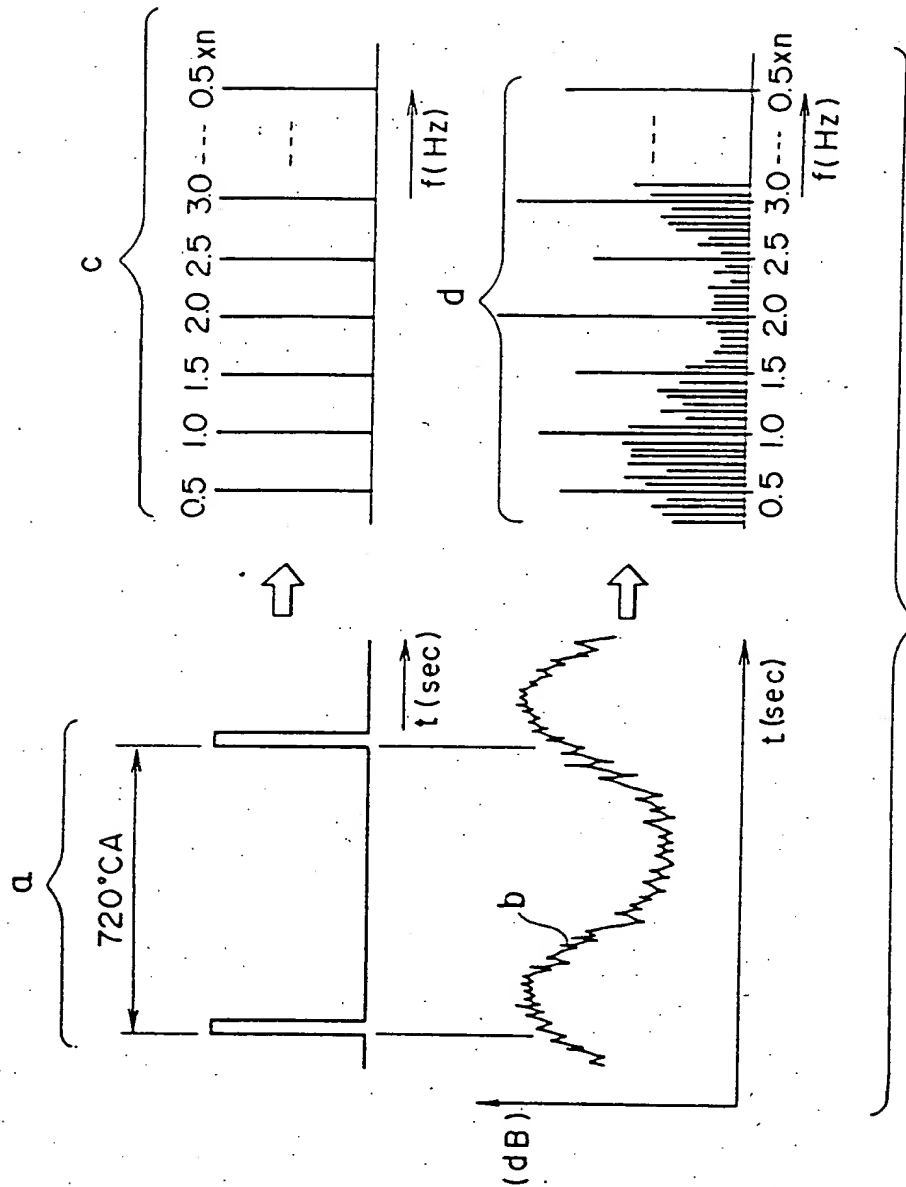


FIG. 3



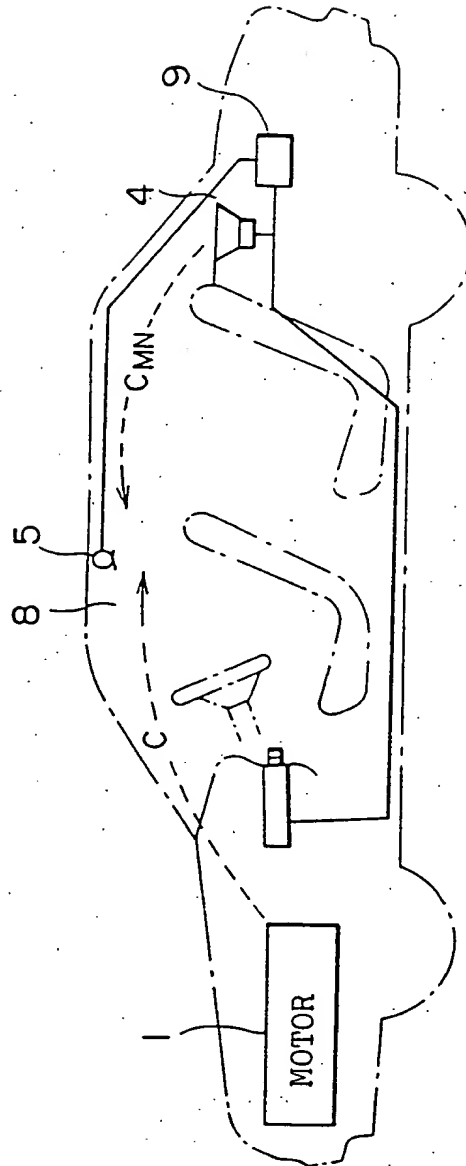


FIG. 5

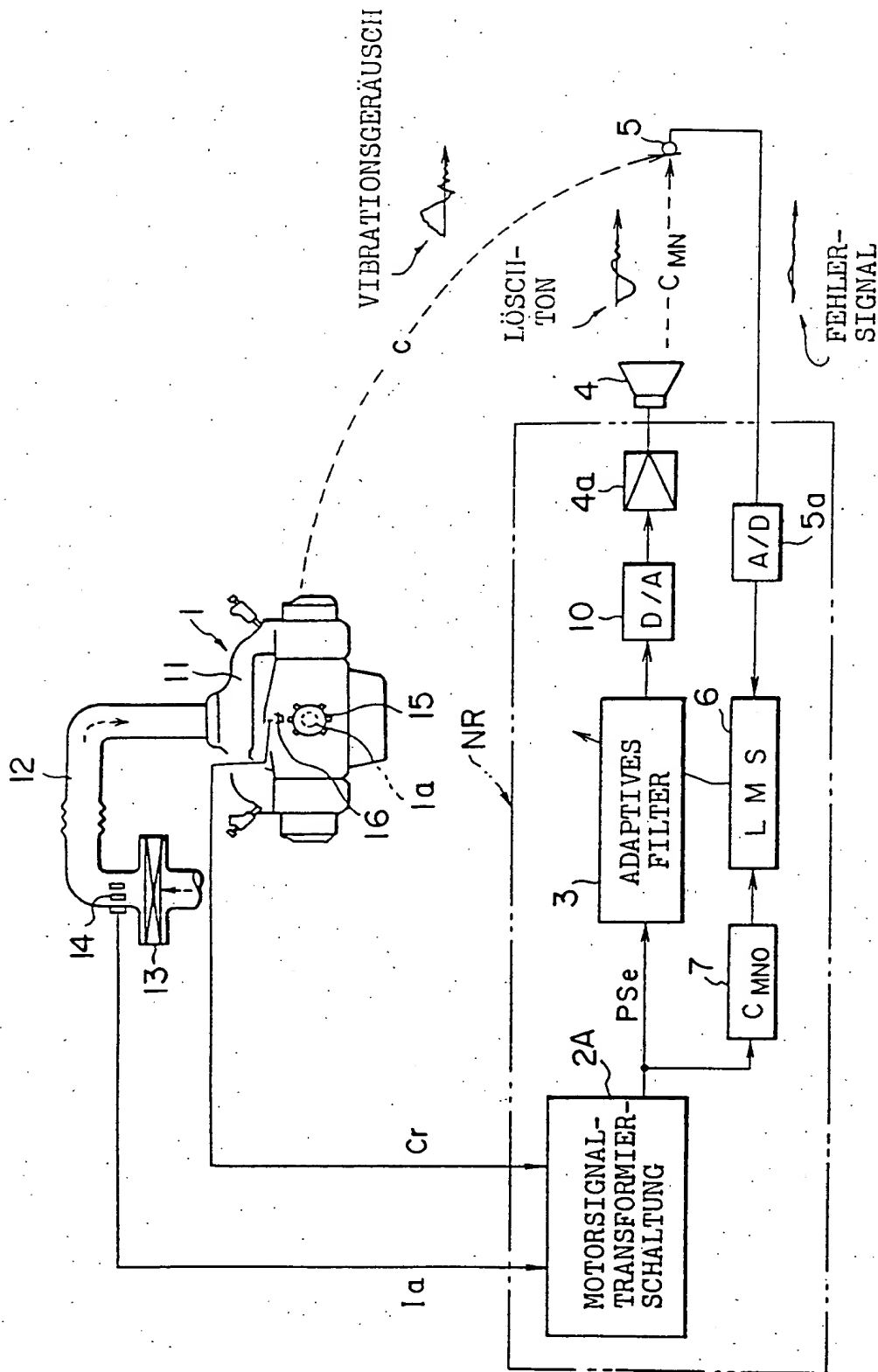


FIG. 6

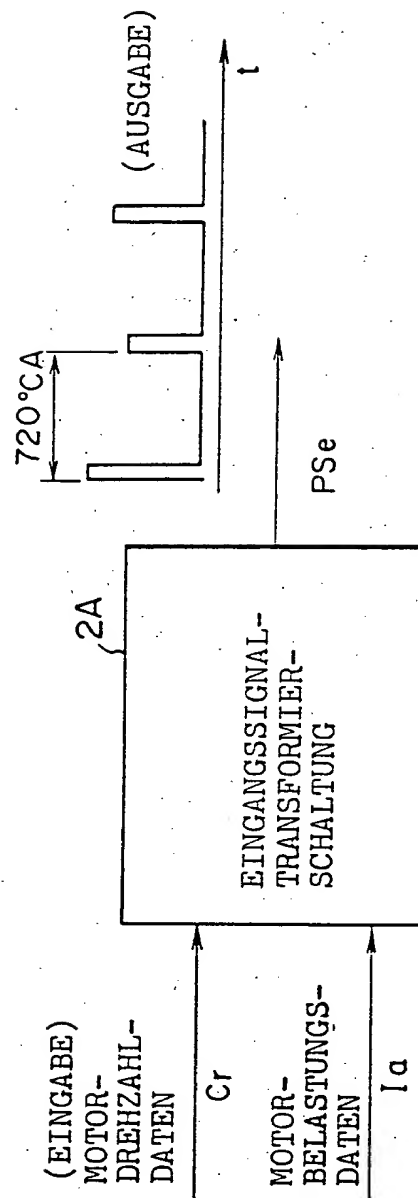


FIG. 7

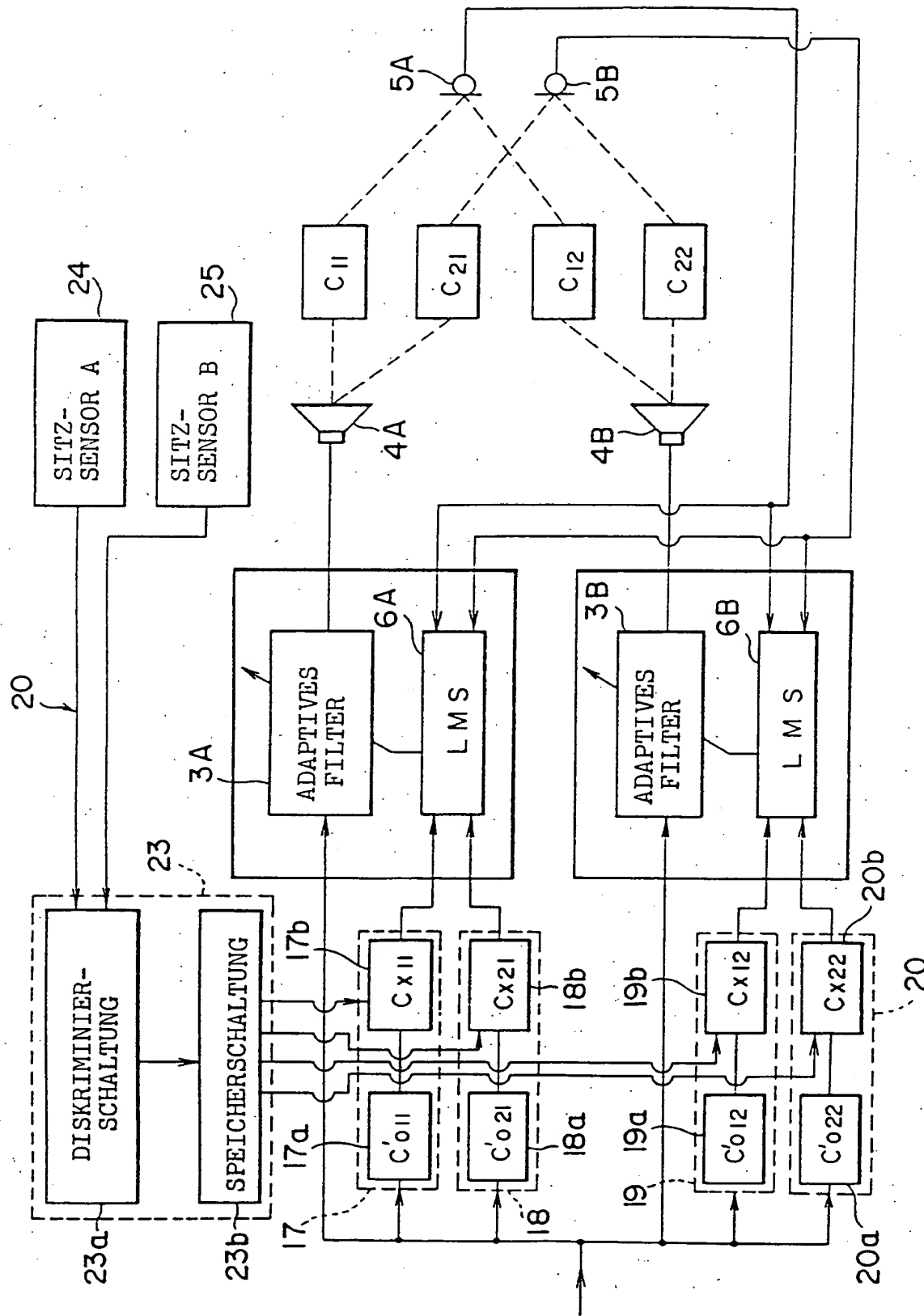
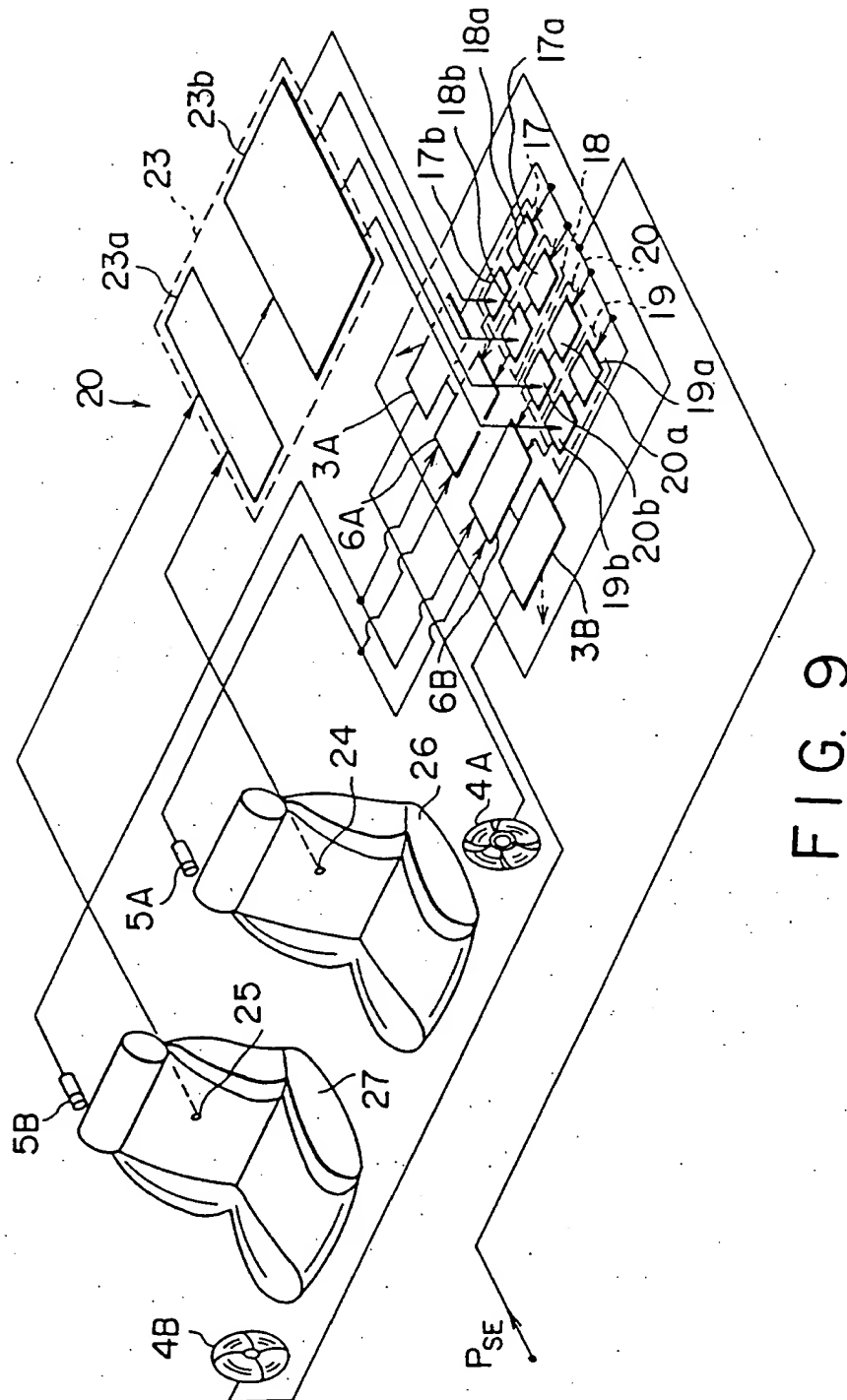


FIG. 8



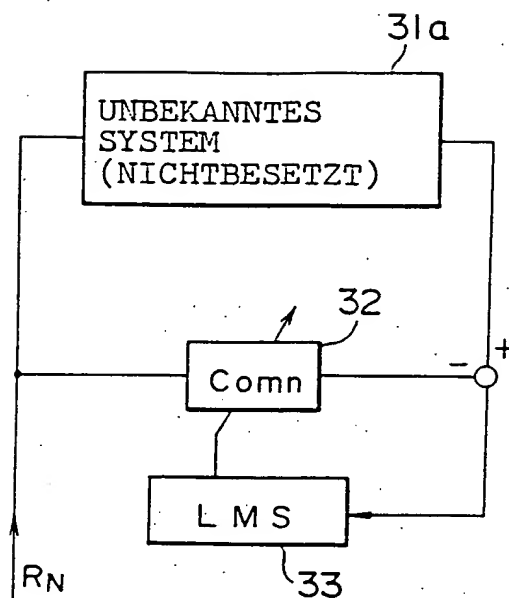


FIG. 10

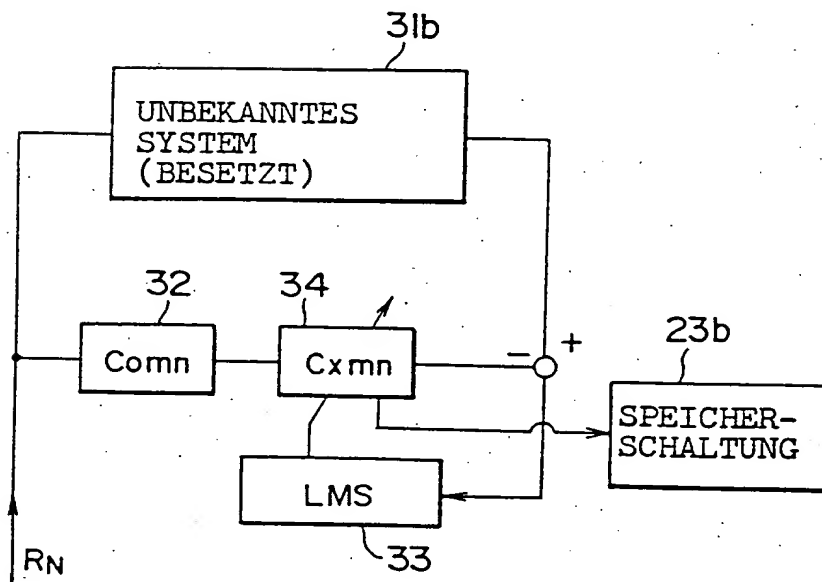


FIG. 11

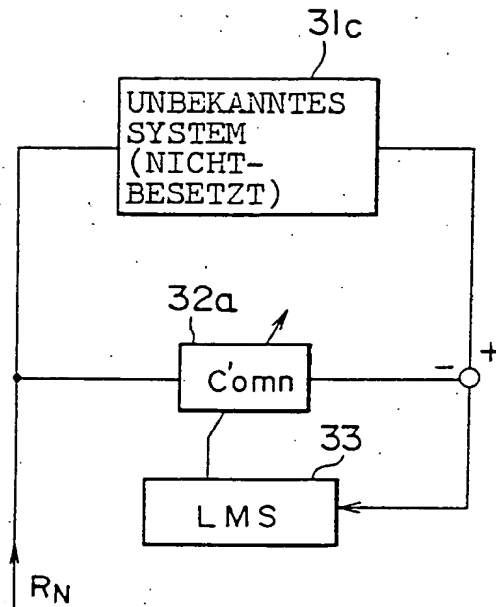


FIG. 12

ANFÄNGLICHE MIKROPHON-LAUTSPRECHER-ÜBERTRAGUNGSSCHARAKTERISTIK (Comn-CXmn)

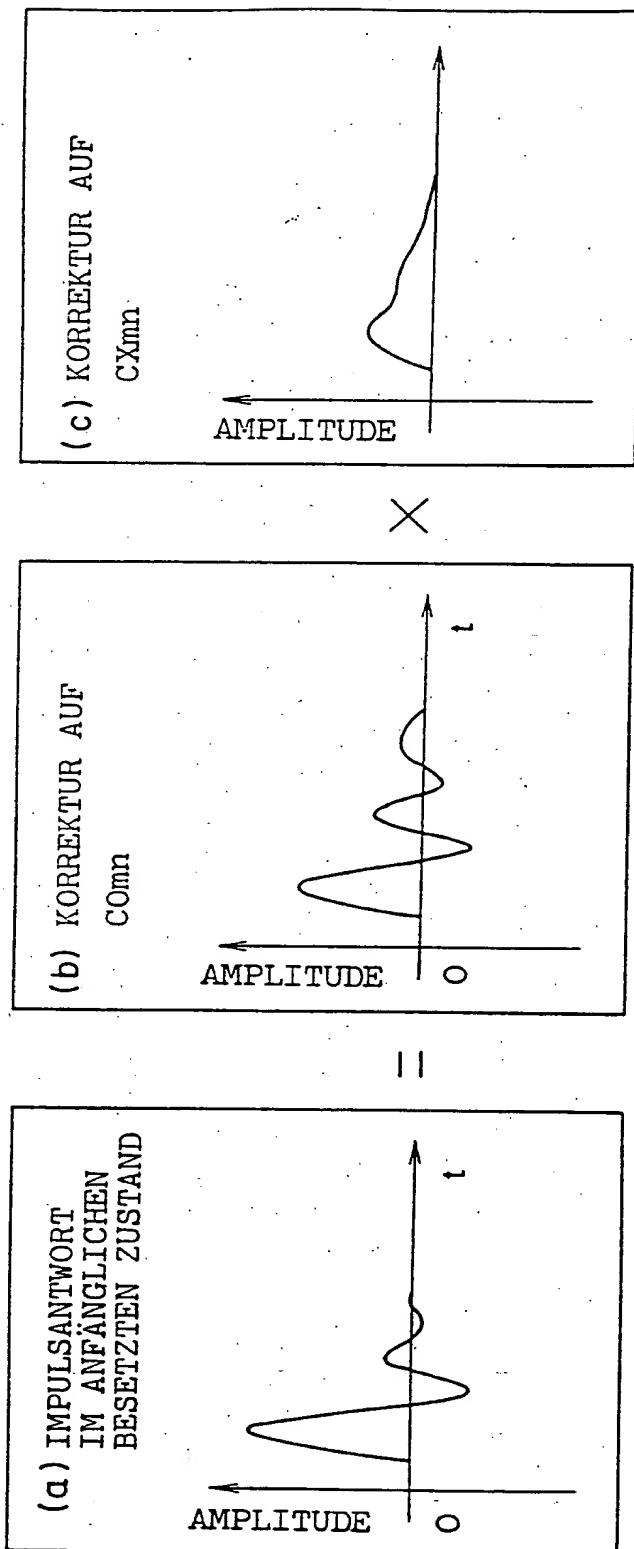


FIG. 13

MIKROPHON-LAUTSPRECHER-ÜBERTRAGUNGSSCHARAKTERISTIK VOR BENUTZUNG (c'_{Omn} - cX_{mn})

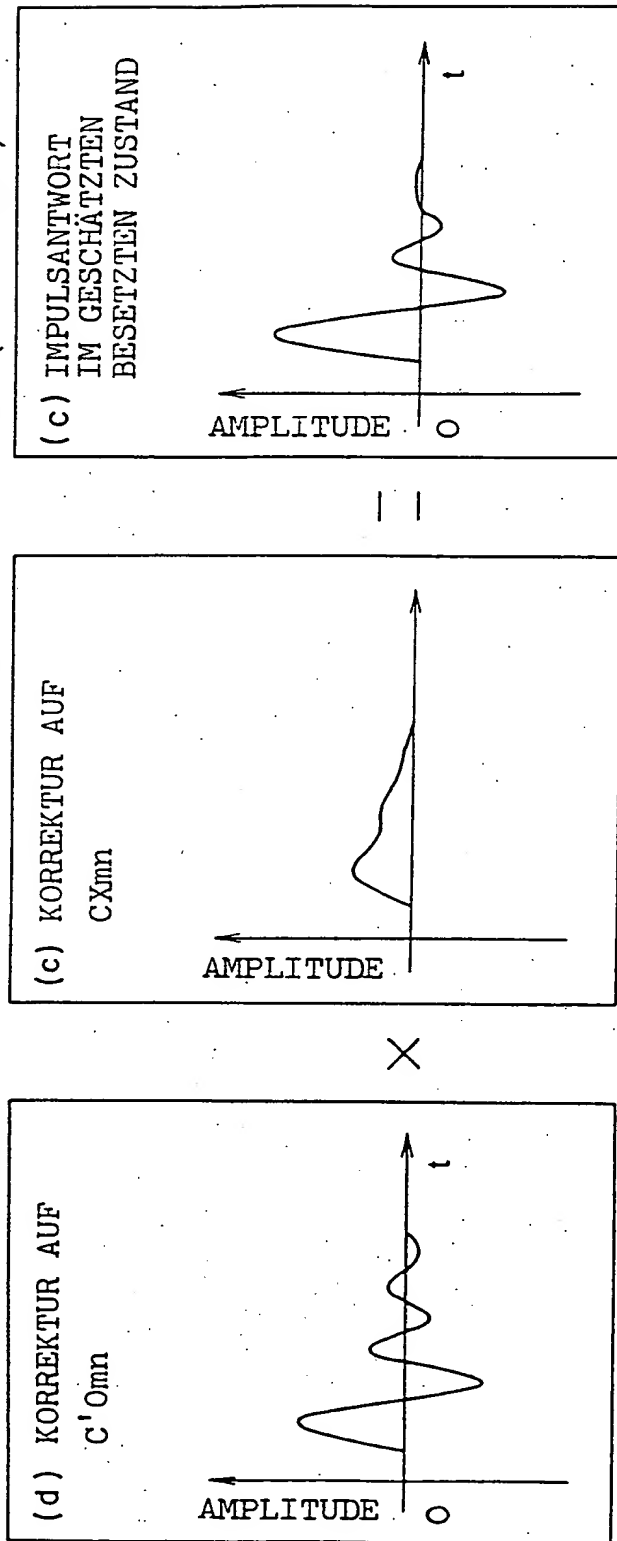


FIG.14

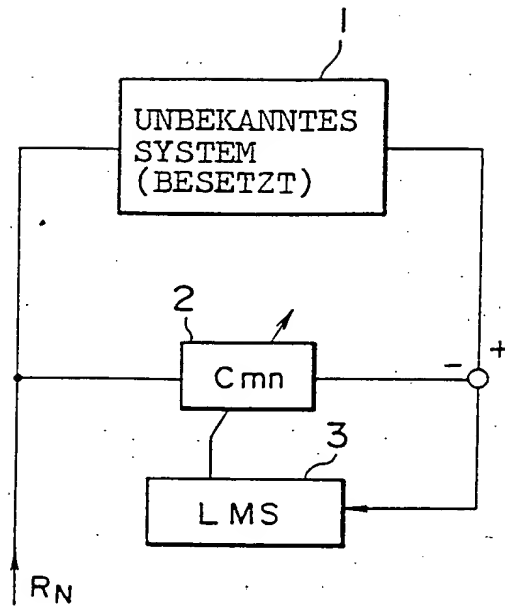
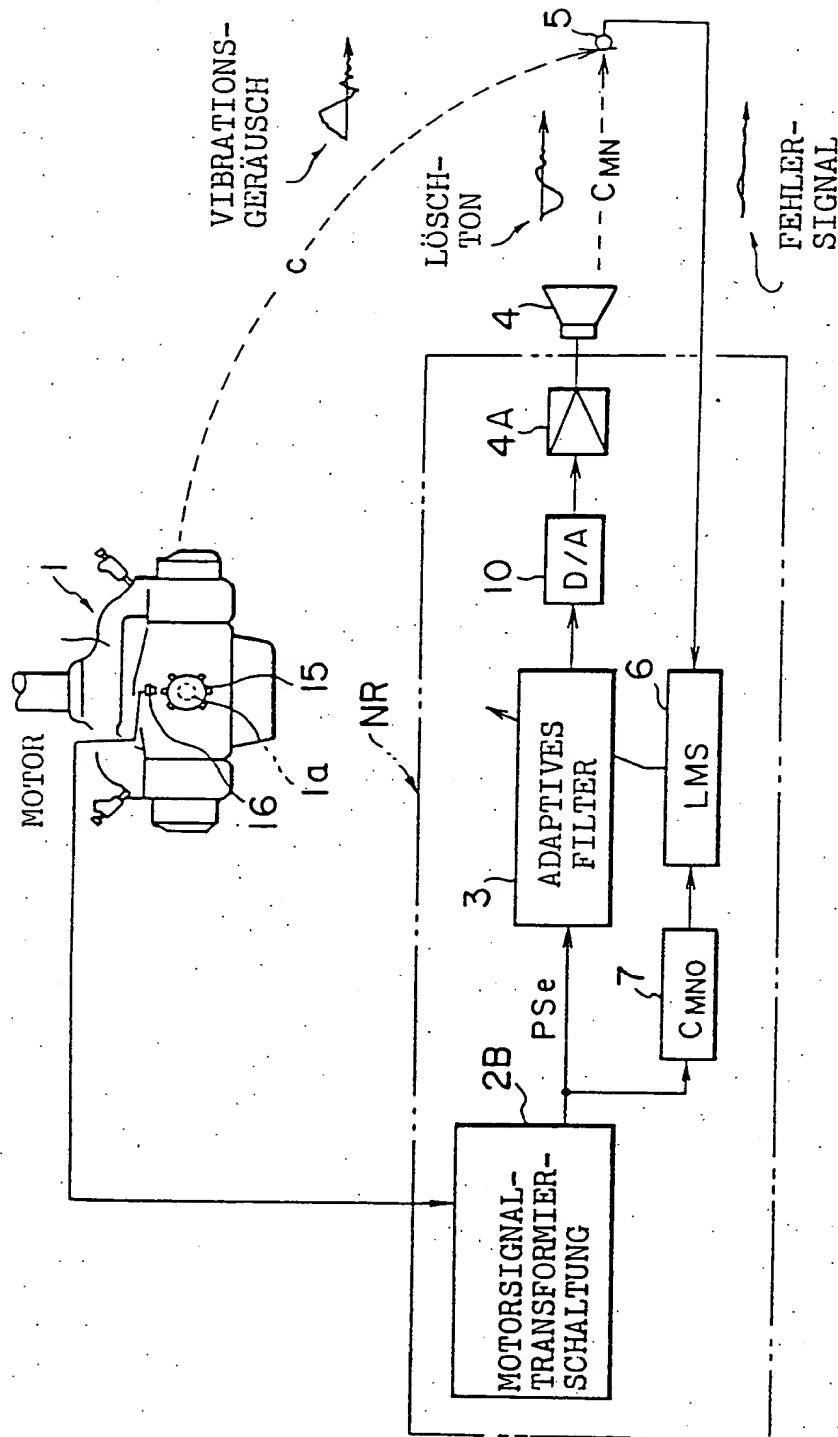


FIG. 15



6-6-4

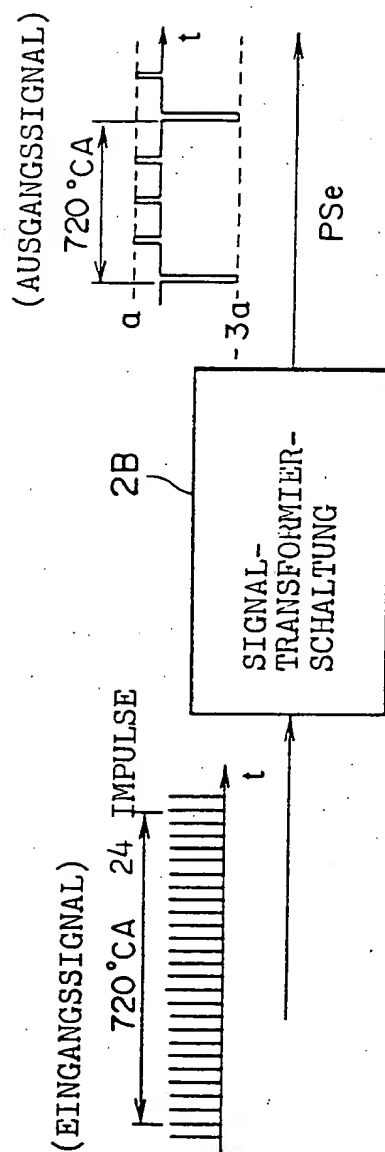


FIG. 17

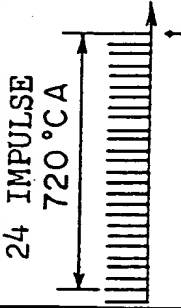
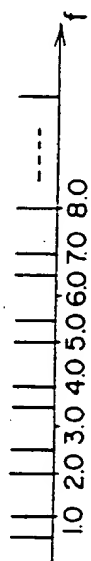
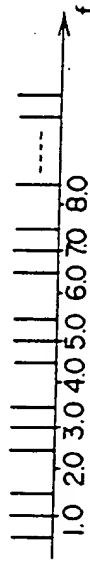
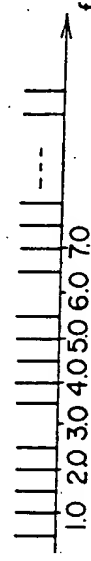
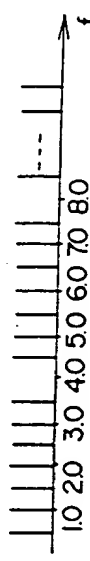
EINGANGSSIGNAL	AUSGANGSSIGNAL	TON (SOUND)
<p>(I)</p> 	<p>(FREQUENZBEREICH)</p> <p>OHNE KOMPONENTEN 1,5·n-ter ORDNUNG</p>  <p>720°CA</p> <p>a</p> <p>-2a</p>	<p>3-ZYLINDER-MOTORTON</p> <p>OHNE LÖSCHUNG DER KOMPONENTEN</p> <p>1,5·n-ter ORDNUNG</p>
<p>(II)</p> <p>DITO</p>	<p>(FREQUENZBEREICH)</p> <p>OHNE KOMPONENTEN 2,0·n-ter ORDNUNG</p>  <p>720°CA</p> <p>a</p> <p>-3a</p>	<p>4-ZYLINDER-MOTORTON</p> <p>OHNE LÖSCHUNG DER KOMPONENTEN</p> <p>2,0·n-ter ORDNUNG</p>
<p>(III)</p> <p>DITO</p>	<p>(FREQUENZBEREICH)</p> <p>OHNE KOMPONENTEN 3,0·n-ter ORDNUNG</p>  <p>720°CA</p> <p>a</p> <p>-5a</p>	<p>6-ZYLINDER-MOTORTON</p> <p>OHNE LÖSCHUNG DER KOMPONENTEN</p> <p>3,0·n-ter ORDNUNG</p>
<p>(IV)</p> <p>DITO</p>	<p>(FREQUENZBEREICH)</p> <p>OHNE KOMPONENTEN 4,0·n-ter ORDNUNG</p>  <p>720°CA</p> <p>a</p> <p>-7a</p>	<p>8-ZYLINDER-MOTORTON</p> <p>OHNE LÖSCHUNG DER KOMPONENTEN</p> <p>4,0·n-ter ORDNUNG</p>

FIG. 18

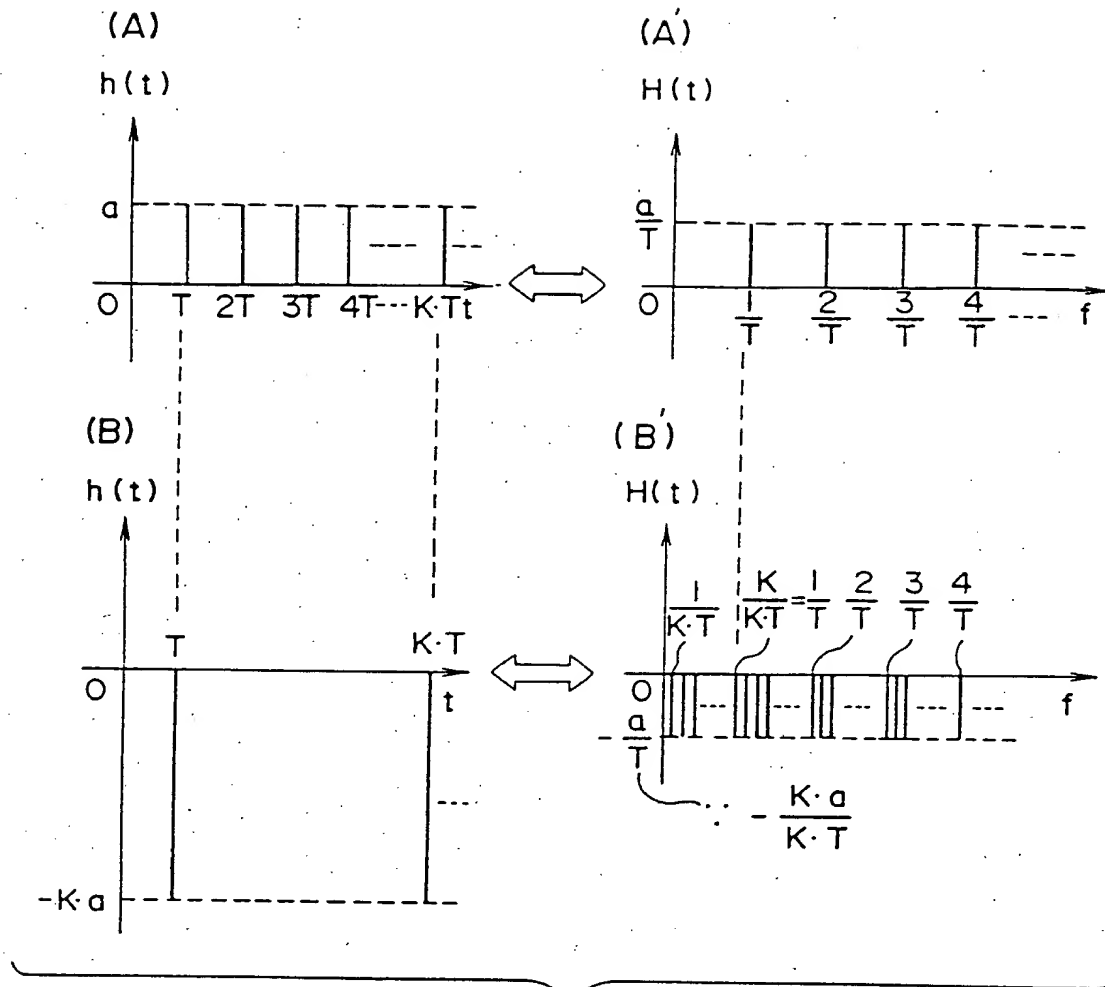


FIG. 19

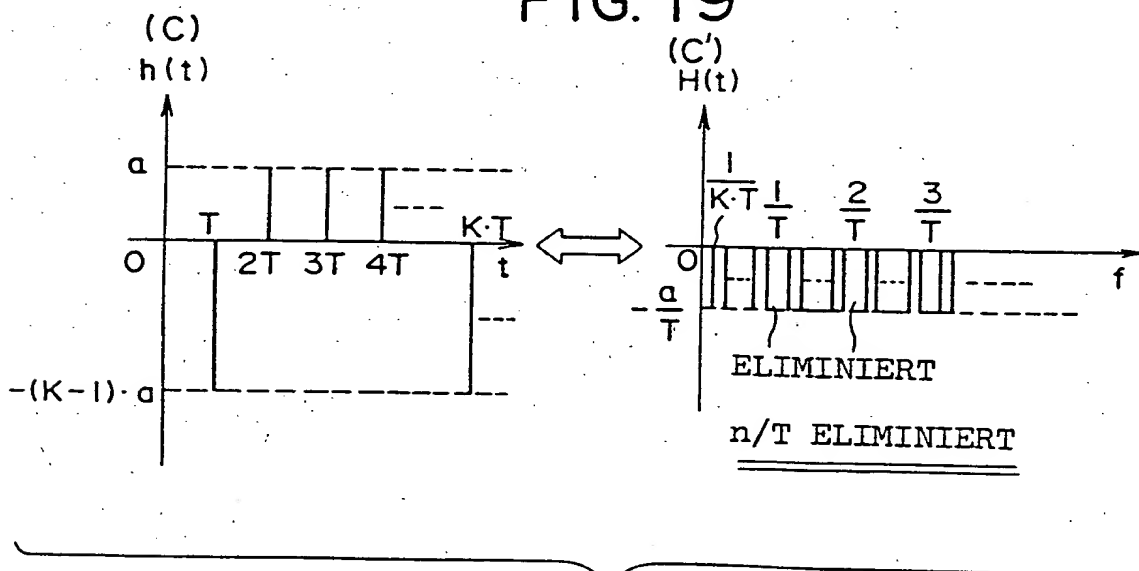


FIG. 20

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.